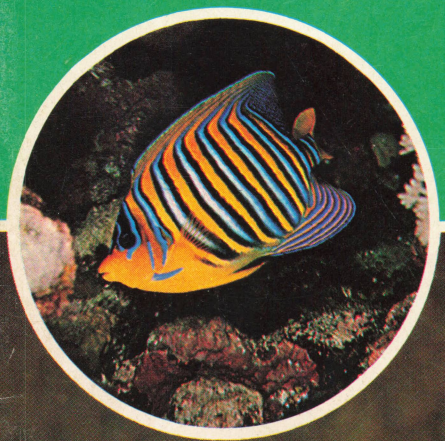
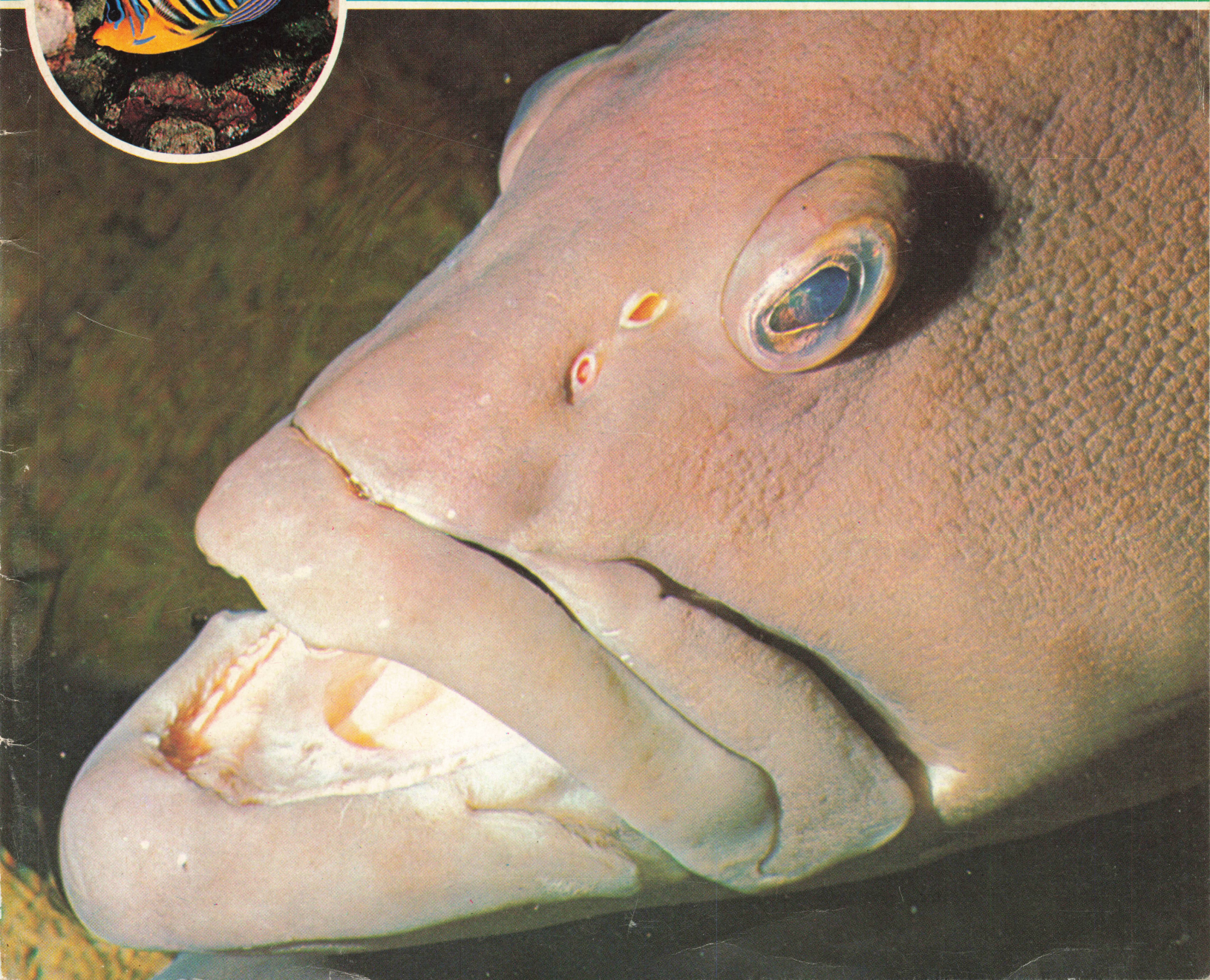
45 · 1977
ilmestyy joka viikko
3,80

MERTEN SALAISUUDET

TUTKIMUSRETKI KALOJEN MAAILMAAN





MERTEN SALAISUUDET

Kustantaja
Oy Concert Hall Society Ab
Hämeentie 157
00560 Helsinki 56
Puhelin 790 022
Tili: Postisiirto n:o 342 35-7
SYP Arabia 215218-6061-8

Toimitus
Päätoimittaja Hannu Säilä
Toimittajat: Eero Kärnä
Ulla-Liisa Kyllijoki

Asiantuntija
Fil.kand. Markku Varjo

Levikki ja talous
Levikkipäällikkö Veikko Syvänen
Talouspäällikkö Ingmar Olin
Toimitusjohtaja Harry Söderholm

Kirjapaino: Oy Tilgmann Ab
Espoo 1977

Edito Service S. A.

1977 Oy Concert Hall Society Ab

TILAA NYT MERTEN SALAISUUDET JA KERÄÄ LEHDET KANSIOIHIN

Merten salaisuudet -lehden voit tilata edulliseen tilaajahintaan mk 2,90/numero. Laskutus tapahtuu jälkikäteen joka toinen kuukausi. Tilaamalla Merten salaisuudet -lehden varmistat, että saat taatusti jokaisen numeron talteen.

Merten salaisuudet -lehden keräilykansioiden avulla voit koota itsellesi lehdistä moniosaisen tietokirjan merestä ja meren elämästä. Kansion saat edulliseen hintaan mk 12,50 (+ postituskulut).

Osoita lehti- ja kansiotilaukset sucraan kustantajalle.

MERTEN SALAISUUDET -lehden kuusi viimeistä numeroa käsittelevät suurinta selkärankaisten ryhmää, kaloja. Mielenkiinto kalatutkimusta, iktyologiaa, kohtaan on viime vuosina voimakkaasti kasvanut. Syy on selvä: meren antimista, erityisesti juuri kaloista, on tullut entistäkin tärkeämpi ihmiskunnan ravintolähde. Lisäksi yhä useammalla on ollut mahdollisuus omin silmin tutustua kaloihin niiden omassa elinympäristössä. Kaloista kiinnostuneita luonnonystäviä ilahduttanee erityisesti lehtemme viimeisessä numerossa julkaistava kalojen uusi luokitus. Sekään ei tietysti voi olla lopullinen, mutta varmaan osoittaa kalojen taksonomian kehityssuunnan.

Delfiinejä kuolee kalaverkkoihin

Vuosittain hukkuu melkoinen määrä delfiinejä ja pyöriäisiä kalastajien verkkoihin. Nyt pelätään delfiinikantojen kärsivän liikaa tästä verotuksesta.

Maailmassa on 89 pientä valaslajia, joihin myös delfiinit ja pyöriäiset kuuluvat. Valaanpyytäjien kansainvälinen komissio IWC ei koskaan ole arvioinut näiden valaiden kantoja, mutta on kiinnitetty huomiota niiden runsaaseen kuolleisuuteen eräiden alueiden tonnikalanpyytäjien verkoissa. Valaat lisääntyvät melko hitaasti, eikä lisääntyminen näin pysty korvaamaan kalastuksen kannalle aiheuttamia vahinkoja.

Delfiinit ja tonnikalaparvet liikkuvat yleensä yhdessä. Syytä tähän ei ole saatu selville, mutta kalastajat käyttävät tietoa hyväkseen etsiessään tonnikalaparvia. Jos delfiinit häviävät, voi koko kalastuselinkeino paikoin kärsiä huomattavastikin. Amerikkalaiset länsirannikon kalastuslaivat pyydystävät vuosittain noin 45 000 tonnia tonnikalaa. Saaliin arvo on 13,5 miljoonaa dollaria eli hieman yli 50 miljoonaa markkaa. Kalastajat käyttävät nailonverkkoja ja koneellisia vinssejä apunaan. Kalansaaliin joukossa verkkoihin joutuu runsaastikin parven mukana liikkuneita delfiinejä, jotka hukkuvat painuessaan verkon mukana liian pitkäksi ajaksi veden alle. Delfiinienhän — kuten muidenkin nisäkkäiden — pitää käydä välillä pinnassa hengittämässä, vaikka ne muuten ovatkin täysin sopeutuneet vesielämään.

Amerikkalaisten kalastajien verkkoihin hukkuu vuosittain 250 000 delfiiniä, jotka kuuluvat kolmeen Tyynellämerellä esiintyvään lajiin. Muiden valtioiden kalastajien pyydyksiin joutuvien eläinten määrää ei tiedetä, mutta on syytä olettaa, että se on yhtä suuri. Pelkästään itäisellä Tyynellämerellä tonnikalaa pyytävät myös Meksikon, Perun, Japanin, Espanjan ja Ranskan kalastuslaivastot. Japanilaisten pyydyksiin epäillään hukkuvan vuosittain enemmän delfiinejä kuin amerikkalaisten, mutta tietoja näistä määristä ei ole julkistettu.

Yleensä tonnikalaverkkoihin kuolleita delfiinejä ei voida käyttää mitenkään ihmisen taloudessa. Joissakin osissa maapalloa niitä kuitenkin pyydystetään runsain mitoin ihmisten ravinnoksi. Niitä syödään paljon mm. Etelä-Amerikassa, Japanissa, Uudessa-Guineassa ja Salomonin saarilla. Mustanmeren alueella kannat ovat jopa romahtaneet liiallisen pyynnin takia. Neu-

jatkuu sivulla 31

Pullonokkadelfiiniä (Tursiops truncatus) *pyydystettiin viime vuosisadalla runsaasti lihan ja rasvan vuoksi.*

Runsaslukuisin selkärankaisten ryhmä

Kalojen hiljainen ja märkä maailma vaikuttaa meistä kenties yksitoikkoiselta ja elämää rajoittavalta elementiltä. Kuitenkin vesi on ollut elämän alkulähde ja tarjoaa vieläkin oivallisen elinympäristön suunnattomalle eliömäärälle.

Kalat ovat vallanneet vedenalaisen maailman lähes kaikki kolkat valtameren pintaosista tuhansien metrien syvyyteen. Ne ovat asuttaneet järvet ja joet, jopa kuumat lähteet ja pilkkopimeät maanalaiset virrat. Niitä tavataan päiväntasaajan lämpimissä vesissä sekä napamerissä, joissa veden lämpötila saattaa laskea −1,9 asteeseen.

Kalat ovat runsaslukuisin joskin melko epäyhtenäinen selkärankaisten ryhmä. Niitä tunnetaan lähes 20 000 lajia eli suunnilleen yhtä paljon kuin muita selkärankaisia yhteensä. Uusia kalalajeja tavataan jatkuvasti, ja kun syvänmeren tutkimus tehostuu, uusia kaloja löydettäneen yhä runsaammin.

Miten sitten tällainen melko alkeelliselta näyttävä eläinryhmä on voinut menestyksekkäästi kilpailla muiden kehittyneempien eläinryhmien kanssa? Kalojen vanhimmat fossiilit ajoittuvat aina 500 miljoonan vuoden takaiseen aikaan ordovikikaudelle. Niillä on siten ollut runsaasti aikaa kehittyä ja mukautua ympäristön asettamiin muuttuviin vaatimuksiin. Kalat ovatkin sopeutuneet hämmästyttävän monipuolisesti syvyyksien suunnattomaan paineeseen, veden suolaisuuteen, täydelliseen pimeyteen, vähähappiseen veteen ja jopa ajoittaiseen kuivaan kauteen.

Syvyyksien asukeille on kehittynyt erilaisia valoelimiä pimeyttä torjumaan. Luolakalat puolestaan ovat sopeutuneet pimeyteen toisin. Niiden silmät ovat yleensä surkastuneet, mutta muut erityisen herkistyneet aistit korvaavat näön menetyksen.

Merten suolaisuus on ongelma kaloille, sillä suuremman ulkoisen suolapitoisuuden vuoksi kaloista imeytyy jatkuvasti ruumiin elintärkeitä nesteitä ympäröivään meriveteen. Tästä syystä merikalat joutuvat juomaan vettä pitääkseen nestemääränsä vakiona. Suolaisen veden juonnista syntyy toinen ongelma. Kaloista ei kuitenkaan tule suolattuja, sillä ne pystyvät poistamaan ylimääräiset kehon suolat kidusten ja munuaisten kautta.

Veteen liuenneen pienen happimäärän kalat hyödyntävät erittäin tehokkaasti kiduksillaan. Mutaisissa ja hapettomissa lammikoissa kiduksista ei kuitenkaan ole juuri hyötyä, mutta tähänkin on keksitty erilaisia ratkaisuja. Kidusten avuksi on kehittynyt erilaisia elimiä, jotka voivat käyttää hengitykseen ilmakehän ilmaa. Monet kalat ovat kehittyneet ehkä liiankin pitkälle ilman hengittäjinä, sillä ne saattavat todella hukkua, elleivät pääse ajoittain veden pinnalle haukkaamaan ilmaa.

Tropiikin lammikoiden kuivuminenkaan ei estä kalojen elämää. Keuhkokalat esimerkiksi kaivautuvat pohjamutaan kuivan kauden ajaksi ja virkoavat jälleen sateiden täyttäessä lammikot. Eräät kalat elävät vain sadekauden, mutta takaavat lajin säilymisen kuivuutta kestävien mätimunien avulla.

Muutamat kalalajit ovat rohjenneet nousta maallekin. Eräät monnit ja liejuryömijät sekä kiipijäkala liikkuvat maalla rintaeviensä avulla ryömien tai hyppien. Vesistön kuivuessa ne voivat siten siirtyä vetisimpiin paikkoihin.

Kalojen suurta menestystä ei kuitenkaan voi selittää vain yksilöiden hyvään sopeutumiskykyyn viitaten. Vasta voimakas lisääntymisvietti ja hyvä jälkeläisten hoito takaavat lajin säilymisen. Useimmat kalat eivät tosin huolehdi mätimunistaan millään tavoin, mutta ne laskevat tuhansia, jopa miljoonia munia ja siten varmistavat lajin tulevaisuuden.

Muutamien lajien hoivaamisvaisto on kehittynyt äärimmilleen. Merihevoskoiraat kantavat mätimunia ja poikasia vatsapussissaan, kunnes poikaset ovat kyllin kehittyneitä tulemaan yk-

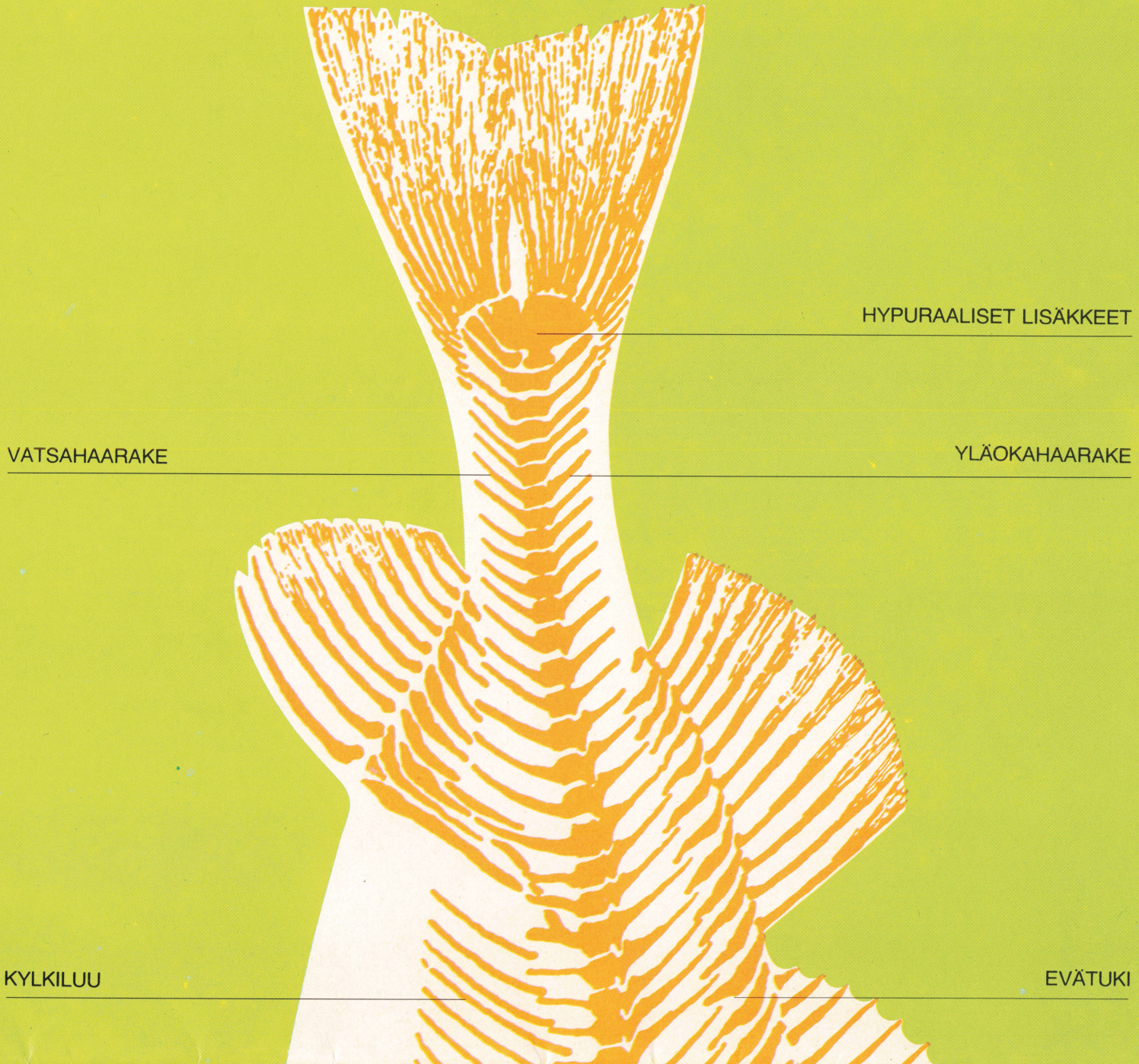
sin toimeen. Suuhautojat pitävät munat suussaan kuoriutumiseen asti ja hoitavat vielä tämänkin jälkeen jälkeläisiään. Vaaran uhatessa emo imaisee poikaset turvaan mahtavaan kitaansa. Poikasten kehitys voi tapahtua myös emon munatiehyissä nisäkkäiden tapaan. Sikiöt saavat ravintonsa emon elimistöstä ja ovat heti synnyttyään uimakykyisiä.

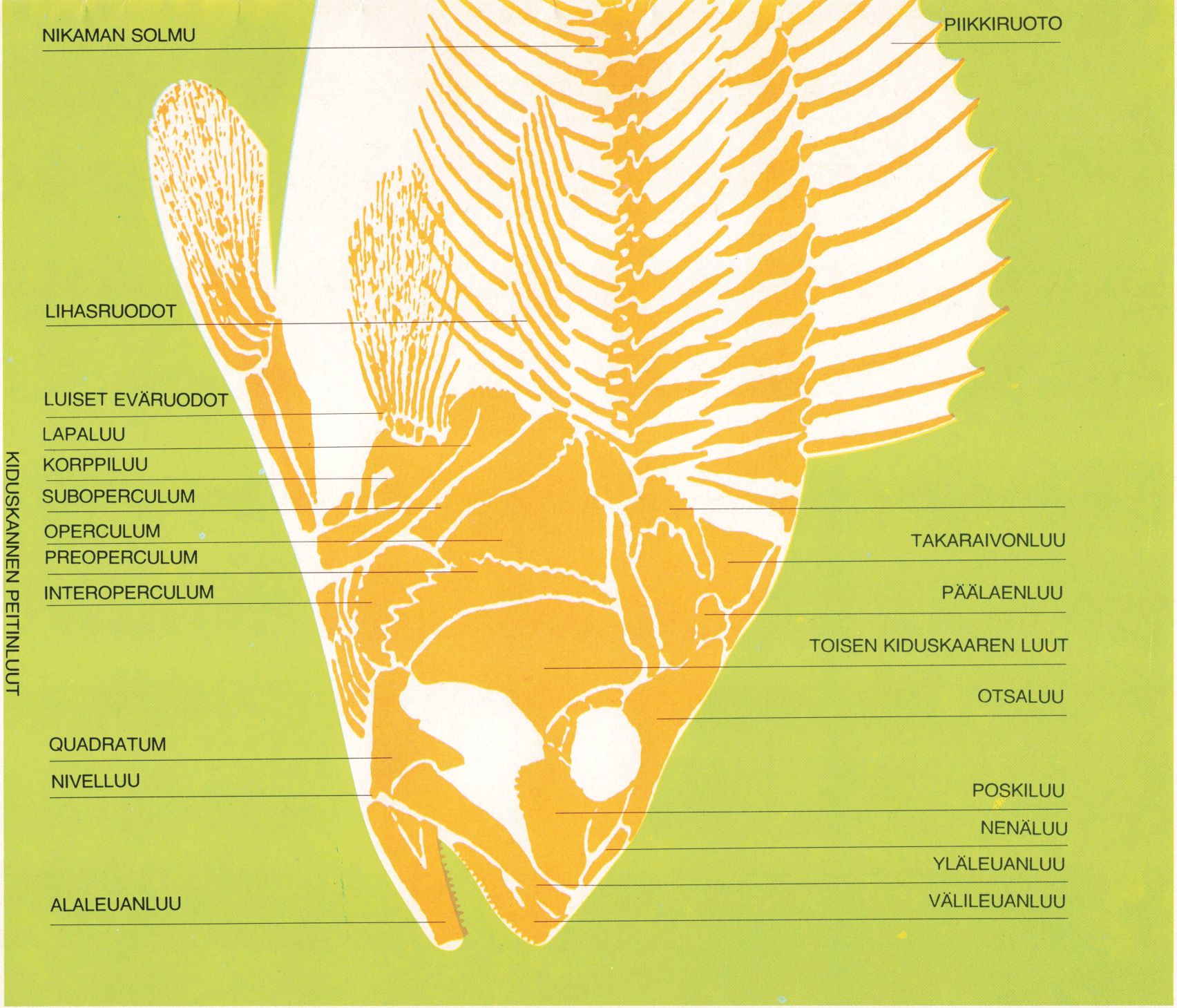
Kaikesta tästä kalojen moninaisuudesta meillä on ollut viime aikoihin asti hyvin vähäiset tiedot. Fysiologisen tutkimuksen kehittyessä alamme kuitenkin vähitellen päästä selville niistä hienoista mekanismeista, jotka säätelevät kalojen elämää ja joiden avulla kalat ovat voineet valloittaa koko vesikehämme korkeita vuoristopuroja ja merten syvänteitä myöten.

Pienet ***nuohoojakalat*** (Parapriacanthus) *(alla) elävät lämpimien merien koralliriutoilla valtavissa parvissa. Suuren jälkeläismäärän avulla monet kalalajit takaavat sukunsa säilymisen, sillä piiloutuminen tai suuressa, tiheässä parvessa liikkuminen ovat pienten kalojen parhaita puolustuskeinoja.*

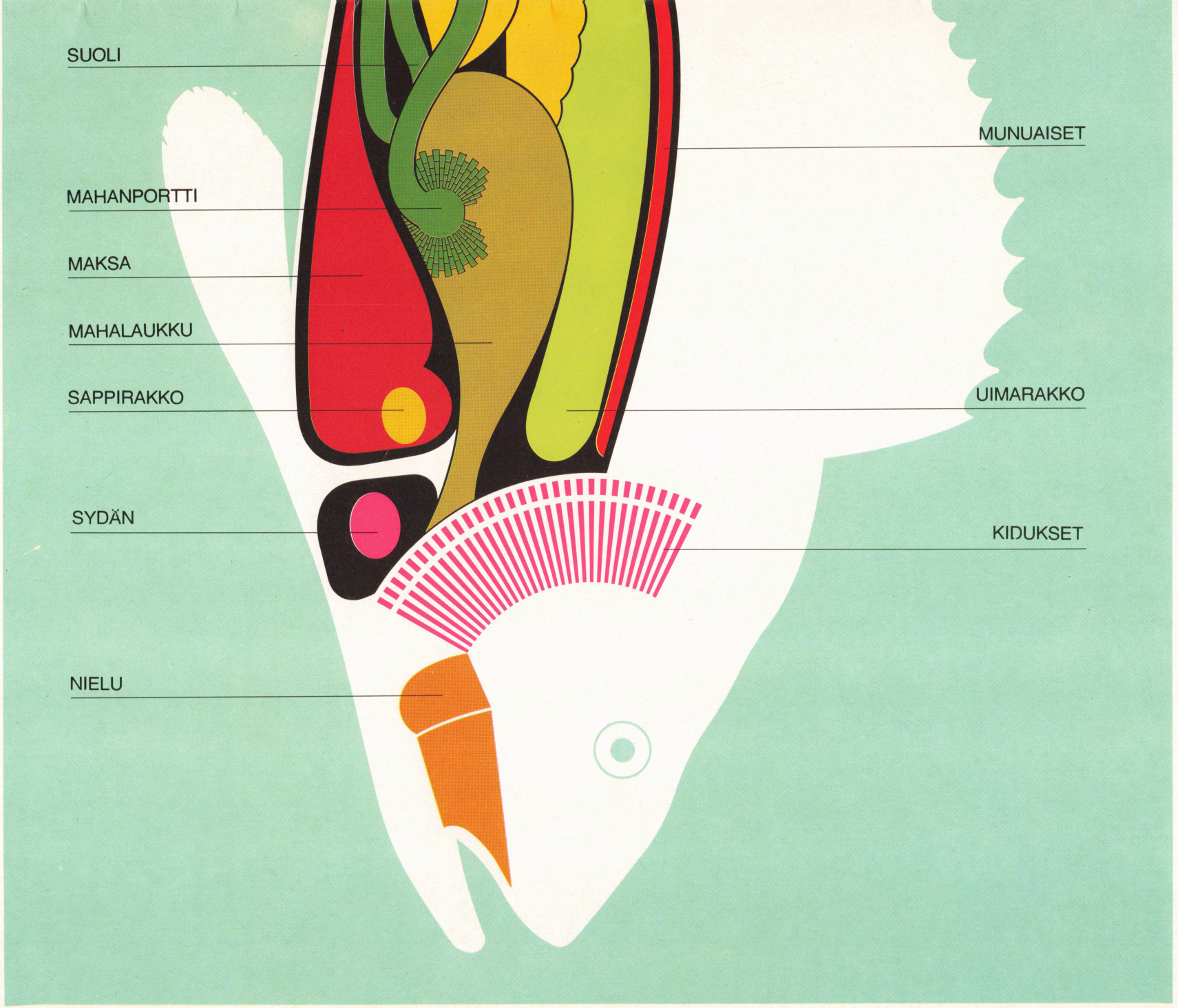
Kalojen lisääntymisvietti *on hyvin voimakas.* ***Lohet*** *(oikealla) vaeltavat mereltä tuhansiakin kilometrejä synnyinjokeensa kutemaan. Ne uhmaavat jopa suuria koskia päästäkseen oikealle kutupaikalle. Eräät lajit maksavat vaelluksestaan kovan hinnan, sillä ne kuolevat heti kutemisen jälkeen.*

KALAN LUUSTO




NIKAMAN SOLMU
PIIKKIRUOTO
LIHASRUODOT
LUISET EVÄRUODOT
LAPALUU
KORPPILUU
SUBOPERCULUM
OPERCULUM
PREOPERCULUM
INTEROPERCULUM
KIDUSKANNEN PEITINLUUT
TAKARAIVONLUU
PÄÄLAENLUU
TOISEN KIDUSKAAREN LUUT
OTSALUU
QUADRATUM
NIVELLUU
POSKILUU
NENÄLUU
YLÄLEUANLUU
VÄLILEUANLUU
ALALEUANLUU

KALAN SISÄELIMET


SUOLI
MUNUAISET
MAHANPORTTI
MAKSA
MAHALAUKKU
SAPPIRAKKO
UIMARAKKO
SYDÄN
KIDUKSET
NIELU

Painottomat kalat

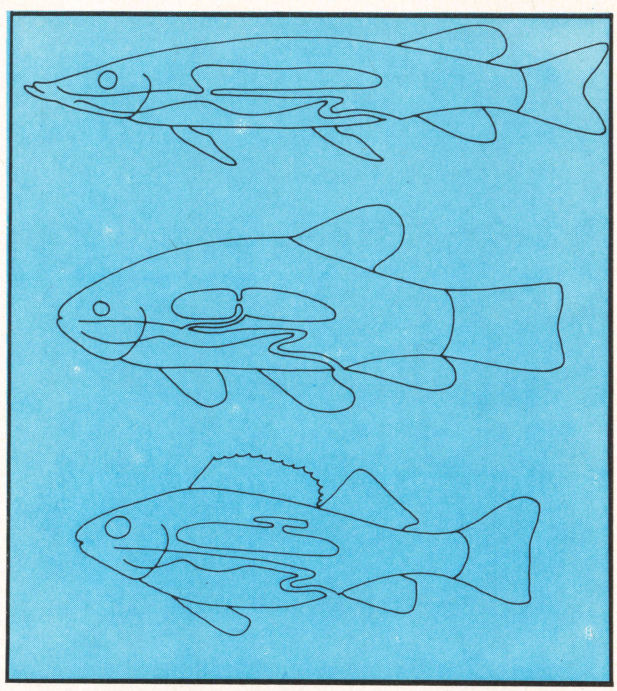
Paineilmalaitteella varustettu ihminen nauttii samasta vapaudesta, josta kalat jo vuosimiljoonia ovat nauttineet — painottomuudesta vedessä. Käyttäessään paineilmalaitetta sukeltajalla on vedessä suuri liikkumisvapaus, ja hän voi leijailla haluamassaan syvyydessä melko vaivattomasti. Todetessaan tämän painottomuuden tilan sukeltaja varmasti alkaa arvostaa painottoman ja kelluvan kalan hienosti säädeltyjä ja sulavia liikkeitä.

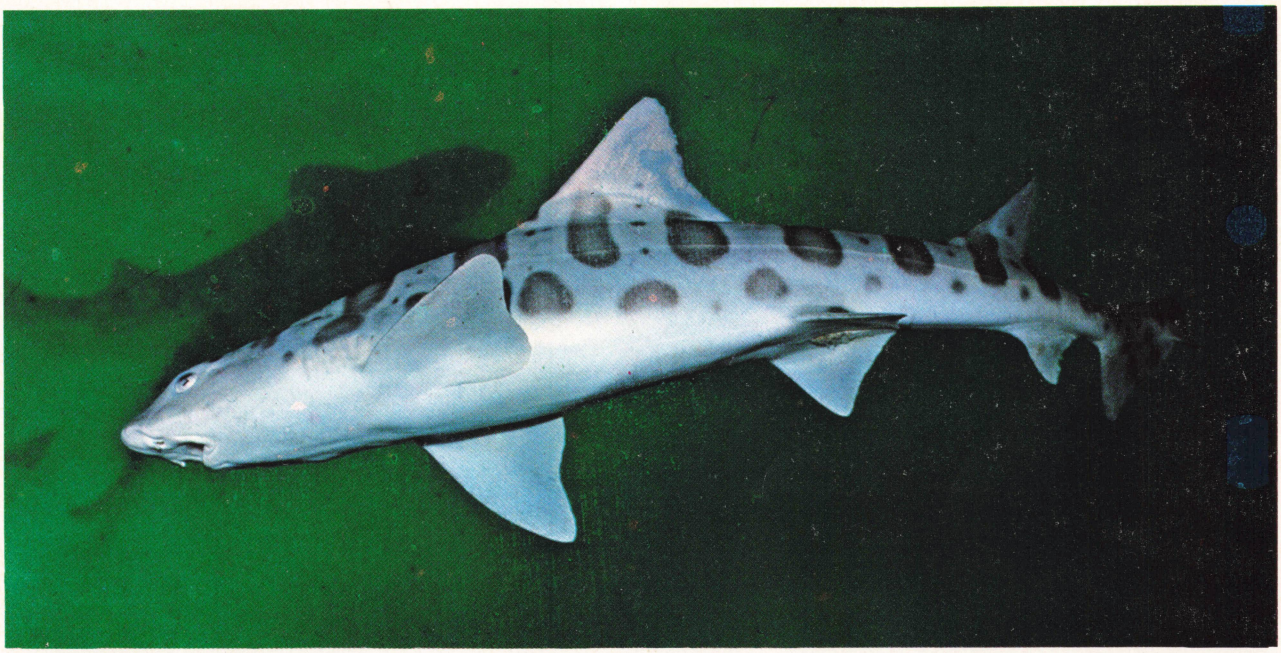
Nykyisten keuhkokalojen tavoin monet varhaiset kalamuodot käyttivät uimarakkoa keuhkona, joka täytettiin nielemällä ilmaa veden pinnalta. Myös ensimmäisten viuhkaeväisten jälkeläiset, monievät eli niilinhauet (*Polypterus*), luuhauet (*Lepisosteus*) ja amia (*Amia*), käyttävät vieläkin uimarakkoa keuhkona. Samoin tekevät viimeksi kehittyneen ja laajimman varsinaisten luukalojen (*Teleostei*) ryhmän alkeellisimmat edustajat. Varsinaisten luukalojen valtaosalla uimarakon päätehtävänä kuitenkin on kalan painon pitäminen ympäristön painetta vastaavana. Uimarakko on silloin hydrostaattinen elin. Eräiden kalojen uimarakolla on lisäksi kaksi muutakin tehtävää. Liittyessään korvaan uimarakko voi toimia kuulon apuelimenä tai äänen muodostajana.

Uimarakko on kaasun täyttämä, yleensä pitkänomainen pussi, joka sijaitsee ruumiinontelon yläosassa selkärangan ja munuaisten alapuolella. Se syntyy sikiön suolen yläseinän pullistumana, ja monilla täysikasvuisilla pehmeäeväisillä kaloilla, kuten lohilla, hauilla, silleillä ja karppikaloilla, yhteys suoleen säilyy ohuen tiehyen välityksellä. Tällaisilla kaloilla sanotaan olevan avoin uimarakko. Kuitenkin useimmilla luukaloilla uimarakko on täysin suljettu. Kaasutiehyt suoleen on vain niiden sikiöillä, jotka kuoriuduttuaan nousevat pinnalle ja täyttävät uimarakon suun kautta. Pian tämän jälkeen kaasutiehyt surkastuu. Punakirjoahvenen (*Hemichromis bimaculatus*) ja mahdollisesti myös muiden umpirakkoisten kalojen poikasilla ei kuitenkaan ole todellista kaasutiehyttä, vaan kaasun muodostavat uimarakon sisäpinnan suuret solut. Umpirakkoisiin kaloihin kuuluu alkeellisia syvänmeren sillikaloja ja lähes kaikki kehittyneemmät luukalat. Monista kalaryhmistä uimarakko myös puuttuu.

Makeanveden luukaloilla on suurempi uimarakko kuin niiden meressä elävillä sukulaisilla. Tämä onkin ymmärrettävää, sillä merivesi on makeaa vettä tiheämpää ja kannattaa kalaa siten paremmin. Jotta uimarakko kumoaisi täysin kalan painon vedessä, sen tilavuuden tulisi olla makeassa vedessä noin seitsemän ja merivedessä viisi prosenttia ruumiin tilavuudesta.

Hauen, suutarin ja ahvenen ***uimarakot.*** *Kahden ensin mainitun kalan uimarakko on yhteydessä suoleen ohuen tiehyen välityksellä. Ahvenen uimarakko on suljettu.*





Kelluvuus

Uimarakon toiminta hydrostaattisena elimenä voidaan helposti todeta tarkkailemalla kalojen liikkeitä. Hauki, särki, ahven, kolmipiikki, tetra, miekkapyrstö tai mikä tahansa suurirakkoinen kala pystyy uimaan ja kellumaan vaivattomasti haluamassaan syvyydessä. Uimarakottomat kalat, kuten hait ja rauskut, makrillit, limakalat ja kampelat, ovat vettä painavampia. Ne alkavat heti vaipua alaspäin lopettaessaan uimisen. Ulappojen liikkuvilla kaloilla, hailla, rauskuilla ja makrilleilla, on kuitenkin suuri rasvapitoinen maksa, joka keventää kalan painoa. Myös ruumiin muoto ja suuret evät hidastavat vajoamista. Näiden kalojen on silti uitava koko ikänsä välttyäkseen vajoamasta pohjaan.

Luusto ja lihakset ovat kalan painavimmat kudokset. Vettä kevyempää on vain rasvakudos. Merikalan ruumiinneste on vähäisen suolapitoisuutensa vuoksi hieman merivettä kevyempää. Jotta uimarakoton merikala olisi meressä painoton, sen painosta pitäisi olla yksi kolmasosa rasvaa. Hyvin öljyiset kalat, kuten öljykala (*Ruvettus pretiosus*), voivat saavuttaa rasvakudoksensa avulla painottomuuden. Joka tapauksessa eräiden syvänmeren haiden maksassa on öljyä jopa 90 prosenttia. Koska öljy on erittäin kevyttä ja maksa on iso, nämä hait pystyvät kellumaan.

Leopardihailta (Triakis semifasciata), *kuten muiltakin hailta,* ***puuttuu uimarakko.*** *Haiden on siksi uitava jatkuvasti välttyäkseen vajoamasta pohjalle. Niiden suuri, rasvainen maksa sekä evien ja ruumiin muoto parantavat kuitenkin kelluvuutta, joten ne voivat varsin pienin ponnistuksin pysyä haluamassaan syvyydessä. Matalissa rannikkovesissä elävät lajit myös lepäilevät ajoittain pohjassa.*

Kuten sanottu, kala on painoton vedessä, jos sen uimarakon tilavuus on viisi tai seitsemän prosenttia ruumiintilavuudesta. Uimarakon täytyy siis olla oikean laajuinen, ja lisäksi sen kaasuseoksen paineen on vastattava ulkoista veden painetta, joka kasvaa ilmakehän verran kymmenen metrin matkalla alaspäin. Pinnalla uivaan kalaan kohdistuu vain normaali ilmanpaine, mutta jos se sukeltaa kymmenen metrin syvyyteen, paine nousee kaksinkertaiseksi. Tässä syvyydessä uimarakko puristuu puoleen kokonaistilavuudestaan. Saavuttaakseen kelluvuuden kalan täytyy tällöin pullistaa rakko oikeaan kokoon. Jos kala nousee pintaan, uimarakko laajenee paineen laskiessa. Silloin uimarakkoa täytyy tyhjentää. Voidakseen säädellä liikkeitään kalan on siis säädeltävä kelluvuuttaan.

Koi** eli **kultakarppi (Cyprinus carpio) *on japanilaisten kehittämä vastine kultakalalle. Koit ovat erittäin suosittuja lammikkokaloja. Koin kantamuoto, suomukarppi, on taloudellisesti merkittävä kala Euroopassa. Kultakarppi kuuluu karppikaloihin, joten sillä on **avoin uimarakko.** Lammikossa sen näkee toisinaan nousevan pintaan haukkaamaan ilmaa uimarakkoonsa.*

Uimarakon tyhjentäminen

Kun avorakkoinen kala nousee pinnalle, kaasutiehyttä pitkin poistuva ilma näkyy suusta tai kiduksista tulevina kuplina. Umpirakkoisilla kaloilla ei ole näin nopeata tyhjennyskeinoa. Sen sijaan niiden uimarakon seinämässä on tiheä hiussuoniverkosto, joka on hyvin läheisessä yhteydessä kaasuihin (typpeen, happeen ja hiilidioksidiin). Kukin näistä kaasuista imeytyy uimarakosta hiussuoniverkostoon niin kauan, kuin niiden paineet ovat hiussuoniston vastaavien kaasujen paineita suuremmat (hiilidioksidi imeytyy nopeammin kuin happi, koska se on huomattavasti happea liukoisempi kaasu). Tämän veden syvyydestä aiheutuvan paine-eron lisäksi kaasun imeytyminen suljetusta uimarakosta riippuu tietenkin hiussuoniverkoston laajuudesta.

__Kultakala__ on kultakarpin lähisukulainen. Sillä on niin muodoin myös __avoin uimarakko.__ Kultakala pystyy muiden avorakkoisten kalojen tapaan erittämään kaasua uimarakkoonsa. Kaasun eritys on kuitenkin hidasta, ja tyhjän rakon täyttämiseen voi kulua useita päiviä. Kaasun erityksellä ei siten ole suurtakaan merkitystä kultakalan kelluvuuden tasapainottamisessa. Tarvitessaan ilmaa rakkoonsa se yksinkertaisesti nousee pinnalle nielaisemaan sopivan annoksen ilmaa.

Uimarakon täyttäminen

Avorakkoiset kalat täyttävät uimarakkonsa yksinkertaisesti nielaisemalla ilmaa pinnalta. Karppikalojen kaasutiehyt on kehittynyt pumpuksi, jonka yhtenä tehtävänä on pumpata ilmaa uimarakkoon. Täyttö voi kestää pari tuntia, ja sen jälkeen kaasun paine on ilmeisesti hieman ilmakehän painetta suurempi.

Monet avorakkoiset kalat, kuten siika, hauki, kultakala ja ankeriaat, pystyvät erittämään kaasuja uimarakkoon. Kultakalalta kuluu lähes viikko tyhjän uimarakon täyttämiseen, mutta ankeriaat selviävät tästä työstä vajaassa vuorokaudessa. Tällaisten kalojen uimarakon sisäpinta on muuntunut rauhaskudokseksi, joka saa verta erikoisesta hiussuonijärjestelmästä, niin sanotusta ihmeverkosta. Rauhasen ja verkon tehtävänä on kaasun tuottaminen uimarakkoon. Vastaavanlainen kaasuntuottojärjestelmä on tietenkin myös kaikilla umpirakkoisilla kaloilla.

Kahdella vastakkaisella toimella, kaasun tuotolla ja kaasun poistolla, uimarakon tilavuus saadaan aina vastaamaan painottomuuden tilaa. Mistä kala sitten tietää, milloin se on yli- tai alipainoinen? Paineen vaihtelu johtuu hermoja pitkin aivoihin, joista taas lähtevät autonomiset ja tahdosta riippumattomat hermosyyt uimarakkoon. Kalan ei siten tarvitse »ajatella» kaasuongelmia, sillä hermoston välityksellä uimarakko täyttyy ja tyhjenee automaattisesti sen mukaan, missä vesikerroksessa kala liikkuu.

Uimarakko ja elinympäristö

Avorakkoiset kalat, joista suurin osa kuuluu karppikaloihin (*Cypriniformes*) ja monnikaloihin (*Siluriformes*), ovat vallanneet maailman järvet ja joet; vain suhteellisen harvat avorakkoiset lajit, esimerkiksi sillit ja ankeriaat, asustavat valtamerissä.

Umpirakkoisten kalojen elinympäristö sen sijaan on juuri meri. Vain lohiahvenet (*Percopsiformes*) ovat täysin sisävesien asukkeja. Lisäksi suurin osa hammaskarpeista ja ahvenien sukulaiset, aurinkoahvenet (*Centrarchidae*) ja kirjoahvenet, sekä omien järviemmekin ahvenet, kuhat ja kiisket viettävät koko elämänsä makeassa vedessä.

Varhaisimmilla luukaloilla lienee ollut avoin uimarakko, kuten on alkeellisimmilla nykyisin elävillä lajeilla. Valtamerta vähitellen valloitettaessa — ja nykyisten luukalojen kehittyessä — merikalojen on ilmeisesti ollut pakko mukautua umpinaiseen uimarakkoon, sillä merten suuret syvyydet ovat aiheuttaneet kaloille hankalia hydrostaattisia ongelmia.

Ei ehkä ole yllättävää, että lähes kaikki makean veden kalat erittävät kaasuja hyvin hitaasti. Avorakkoiset makean veden kalat elävät harvoin yli kymmenen metrin syvyydessä ja voivat siksi helposti täyttää uimarakkonsa pinnalta ilmaa nielaisemalla. Suuri osa merikaloista sen sijaan elää paljon syvemmällä. Ajatelkaamme vaikka 50 metrin syvyydessä asustavaa avorakkoista kalaa. Pinnalle nouseminen ei ehkä ole raskasta, mutta saatuaan uimarakon sopivan täyteen se joutuu kuusinkertaiseen paineeseen palattuaan takaisin lähtösyvyyteensä. Sukelluksen lopussa uimarakko puristuu kuudenteen osaan alkuperäisestä tilavuudestaan. Saadakseen uimarakon kelluntatilavuuteen kalan olisi saatava siihen pinnalla kuuden ilmakehän paine. Tämä taas vaatisi melkoista kaasupumppua. Eipä siis ihme, että syvällä meressä elävät kalat ovat luopuneet avonaisesta kaasutiehyestä ja kehittyneet umpirakkoisiksi.

Olemme jo todenneet, että kehittyneen uimarakon omaavat kalat pystyvät uimaan ja kellumaan vaivattomasti haluamassaan syvyydessä. Entä sitten uimarakottomat kalat? Useimmilla vaelluskaloilla on suuri öljyinen maksa, joka hidastaa vajoamista tai saa kalan jopa kelluvaksi. Monet uimarakottomat kalat ovat kuitenkin sopeutuneet pohjaelämään. Jos ne haluavat nousta pohjalta, niiden on tehtävä koko ajan uintiliikkeitä. Näiden kalojen elämä on keskittynyt ikään kuin veden ja pohjakerrosten välille. Lukuisat pohjakalat, kuten simput ja skorpionikalat, väijyvät pohjalla saalista vaanien.

Varhaisimmilla luukaloilla lienee ollut avoin uimarakko, kuten on alkeellisimmilla nykyisin elävillä kalalajeilla.

Tokoilla, imulevykaloilla ja rasvakalalla vatsaevät ovat muuntuneet imulevyiksi, ja ne voivat pysytellä kiinni kasveissa, kivissä ja kallioissa vuorovesien tyrskyissäkin. Kampelat ponnahtavat välillä hiekasta tai mudasta liukuakseen hitaasti pohjan yläpuolella ruokapaikasta toiseen.

Kaikki nämä kalat joko väijyvät, imeytyvät, kaivautuvat, ryömivät, syöksähtelevät tai liukuvat pohjan tuntumassa. Uimarakosta ei ole mitään hyötyä tällaisille kaloille, ja siksi se onkin hävinnyt (tosin se on vielä eräiden kampeloiden, simppujen, tokkojen ja muiden ulapalla elävien kalojen toukkamuotojen apuelimenä).

Useimmat uimarakottomat ***rauskut*** *ovat sopeutuneet pohjaelämään. Ne makaavat pohjalla hiekkaan kaivautuneina ja odottavat saaliin tulevan kyllin lähelle, jolloin ne syöksyvät äkkiä sen kimppuun. Tarvittaessa rauskut uivat mahtavia rintaeviään aaltomaisesti liikutellen.*

Kalojen hengitys

Hapensaanti on helpompaa ihmiselle kuin useimmille kaloille. Ilmaa hengittäville eläimille, tietyt kalat mukaan lukien, ilmakehä on kuin hapen valtameri. Tosiasiahan on, että ilma sisältää yleensä lähes 30 kertaa enemmän happea kuin, samaan tilavuusmäärään vettä voi happea liueta. Tarkemmin sanottuna litra ilmaa sisältää yli kaksi desilitraa happea, kun taas litrassa hyvin ilmastettua vettä voi olla vain 10 millilitraa tätä elintärkeää kaasua.

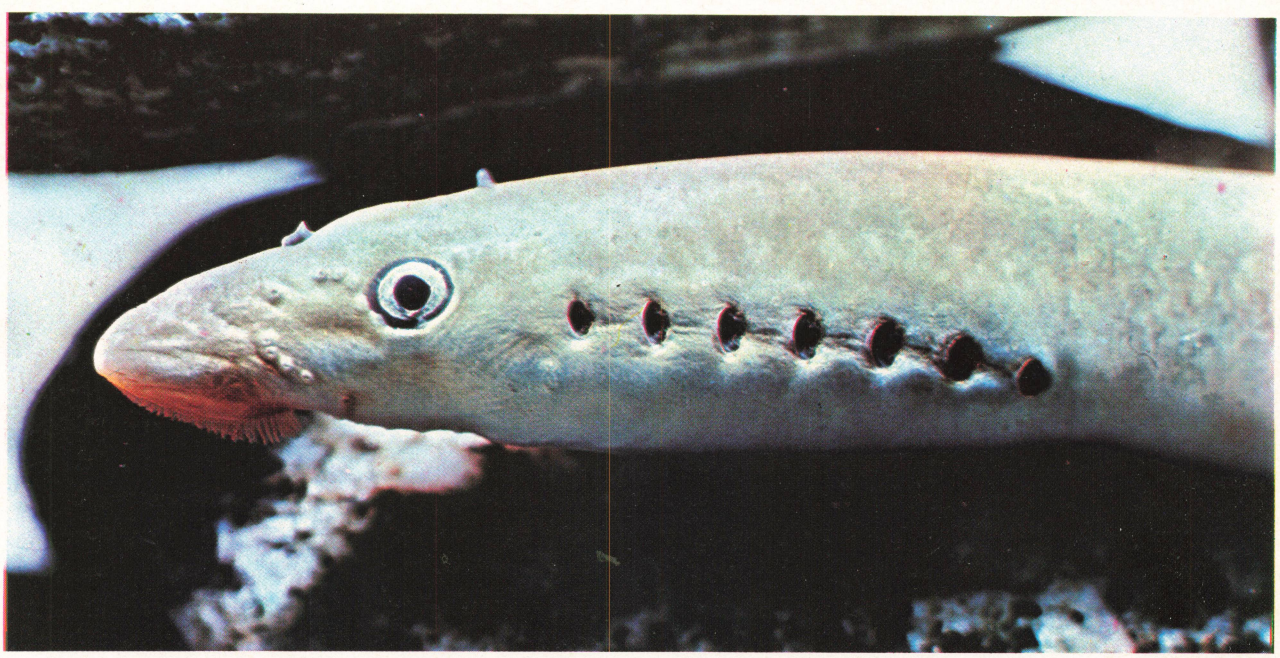
Elävät organismit tarvitsevat happea vapauttaakseen energiaa, jota ne saavat lähinnä sokerin ja rasvojen hapettamisesta. Energiaa ei tarvita vain kehontoimintoihin — lihasten supistamiseen, rauhasten eritystoimintaan ja hermoärsykkeiden kuljetukseen — vaan myös kasvulle välttämättömien yhdisteiden muodostamiseen, kehon muodon ylläpitämiseen, lisääntymiseen jne.

Kalat saavat hapen kidustensa kautta kahdeksansataa kertaa ilmaa tiheämmästä väliaineesta, vedestä. Happi imeytyy vedestä kiduksissa virtaavaan vereen, jossa se liittyy punasolujen hemoglobiiniin ja siirtyy sitten kaikkialle elimistöön.

Pitääkseen veren hapekkaana kidukset ovat erityisen hyvin kehittyneet ottamaan talteen sen pienen happimäärän, joka veden mukana kulkeutuu niiden läpi. Pystyäkseen tekemään työnsä kunnolla ne tarvitsevat melkoisen vesivirtauksen. Miten tämä virtaus syntyy?

Kun ajatellaan tiheää hengitysväliainetta, jota kidusten täytyy liikuttaa, ei liene hämmästyttävää, että kalojen kiduspumput ovat erinomaisesti kehittyneet. Nahkiaisten ja limanahkiaisten kidukset ovat sarja parillisia pusseja,jotka avautuvat ihon pintaan ja nielun yhteydessä olevaan kidussuoleen. Happea imevät verevät kidusliuskat sijaitsevat pussien seinämillä.

Nahkiaisten aktiivinen hengitysliike tapahtuu kiduspussien seinämien lihasten supistuessa ja työntäessä veden voimakkaasti ulos kiduspusseista. Kun lihakset rentoutuvat, joustavat rustot laajentavat jälleen kiduspussit, ja vesi pääsee huuhtelemaan kidusliuskoja. Tällainen hengitystapa sopii mainiosti nahkiaisille. Kun loisnahkiainen on suullaan imeytynyt uhrinsa ihoon, se ei voisikaan hengittää suun kautta. Samoin nahkiaisetkaan eivät kykenisi käyttämään suutaan hengitykseen tarttuessaan virtaavassa vedessä imusuullaan kiviin pysyäkseen paikoillaan.



Jatkuva virtaus

Ympyräsuisilla *(viereinen sivu) ja* ***rustokaloilla*** *(yllä vasemmalla) on erilliset kidusraot.* ***Luukalojen*** *(yllä) sekä koppapäisten kidukset ovat luu- tai rustolevyjen muodostamien kiduskansien suojassa.*

Useimpien leuallisten kalojen hengitysvesi tulee kiduksiin suun kautta ja poistuu kidusten takaa sopivista aukoista. Vain koppapäisillä (*Holocephali*) ja keuhkokaloilla (*Dipneusti*) vesi tulee sierainten kautta suuhun. Hapen keräävät suonikkaat kiduslehdet ovat kiinnittyneet nielussa oleviin kiduskaariin, joissa ne jakautuvat etumaisiin ja takimmaisiin lehtiin. Lähes kaikilla leuallisilla kaloilla on viisi kidusrakoparia; poikkeuksena ovat vain eräät kidushait (kuusi tai seitsemän paria) sekä koppapäiset (neljä paria).

Haiden ja rauskujen kidusraot aukeavat erillisinä rakoina ihon pintaan, kun taas luukalojen ja koppapäisten kiduksia peittää yhtenäinen kiduskansi. Ensimmäinen kidusrako on muuntunut, ja se tunnetaan ruiskureiän nimellä. Kehityksen kuluessa se on hävinnyt koppapäisiltä ja lähes kaikilta luukaloilta, mutta suurin osa haista ja rauskuista ottaa ruiskureikien kautta ainakin osan hengitysvedestään.

Leuallisten kalojen hengitysvesi virtaa suun avautuessa suuonteloon. Hengitysliikkeiden jaksoittaisuuden perusteella — sisäänhengitys- hän pysähtyy aina kun suu suljetaan — voitaisiin olettaa, ettei kidusten läpi kulkisi jatkuvaa vesivirtaa. Nykyisin on kuitenkin todettu, että virtaus on jatkuva ja että tämä jatkuvuus on erittäin tärkeää myös kaasujen täydellisen vaihdon kannalta. Siis mitä tasaisempi virtaus on, sitä paremmin kidukset voivat imeä veteen liuenneen hapen. Tiedämmehän veden sisältävän suhteellisen vähän happea, ja kun useiden leuallisten kalojen hapentarve on suuri, jatkuva virtaus kiduksiin on melkoinen edistysaskel verrattuna nahkiaisten edestakaiseen kidustuuletukseen.

Kalan hengittäessä on toiminnassa kaksi elävää pumppua. Suuontelon supistaminen (hailla ja rauskuilla lisäksi kiduspussien supistaminen) pumppuaa veden kiduksiin. Toinen pumppu aiheuttaa imun vetäen vettä suuontelosta kidusten kaukaisimpiin osiin. Luukaloilla ja koppapäisillä tämä pumppu toimii kiduskantta avaamalla, mutta hailla ja rauskuilla on jokaisessa kiduspussissa oma imupumppunsa.

Elintavan mukaan

Kalojen elämä riippuu kiduspumppujen toiminnasta. Aktiivisten lajien hengitys saattaa kuitenkin tapahtua ilman varsinaisia hengitysliikkeitä. Esimerkiksi makrillit saavat tarpeellisen happimäärän uidessaan suu auki, jolloin kalan liikkeestä johtuva vesivirta huuhtelee kiduksia. Jos tällaisen kalan liikkuminen estetään, se kuolee hapenpuutteeseen. Hait uivat myös suu ammollaan ja tekevät hengitysliikkeitä vain uidessaan hitaasti tai maatessaan pohjalla lepäämässä.

Pohjalla elävien kalojen hengitys on eri tavoin sopeutunut hiljaiseen jökötykseen. Simput, tokot, skorpionikalat, krotit ja kampelat ovat tunnetuimpia pohjaeläjiä, joiden piileksivä ja hiljainen elämä muuttuu aktiiviseksi vain ravintoa hankittaessa, kutuaikana jne. Aktiivisiin lajeihin verrattuna niiden kidusontelot ovat suuremmat ja kiduslehdet paremmin kehittyneet.

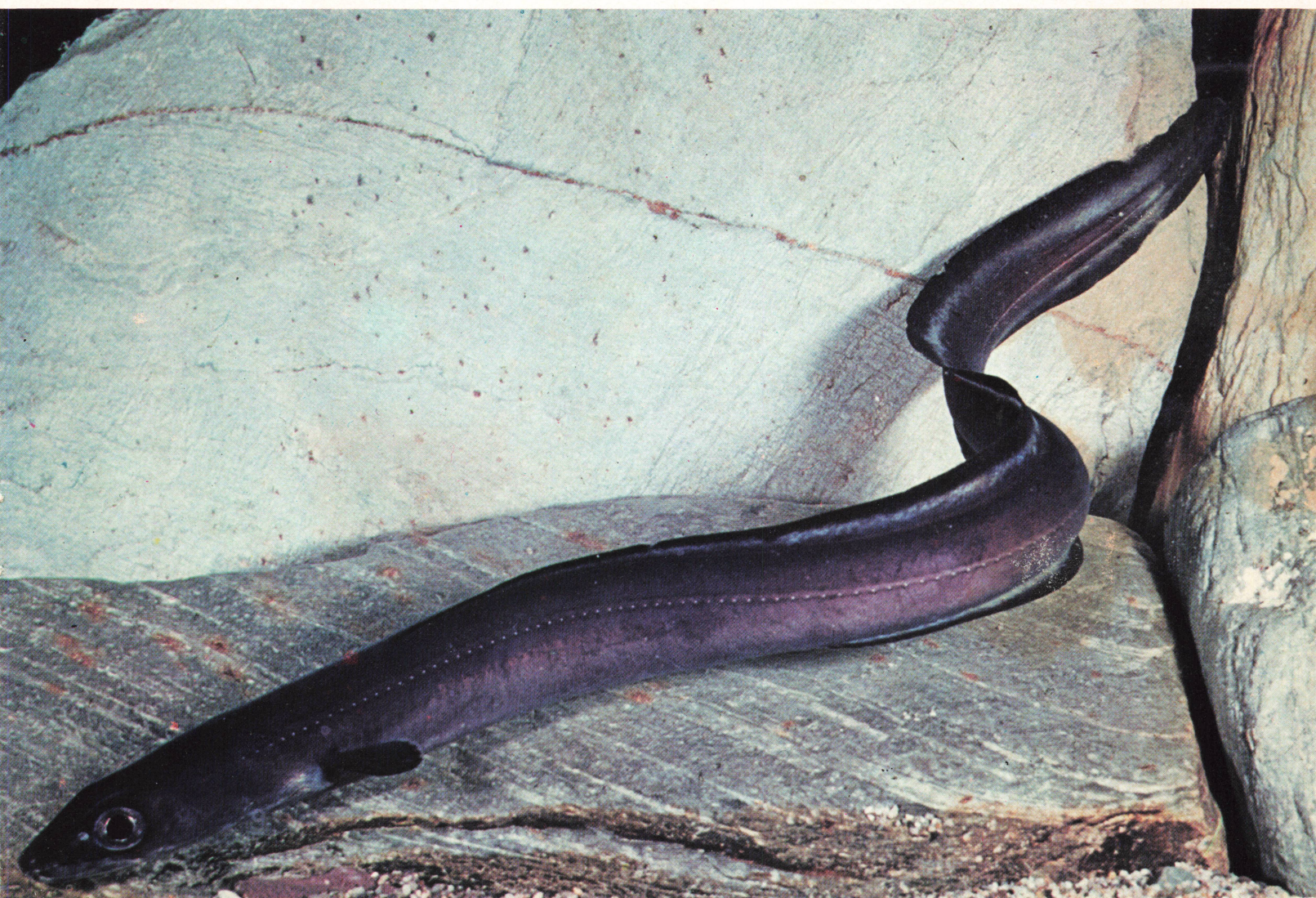
Pohjalla hiljaa jököttävät kalat, kuten ***soratokko*** (Gobius baganellus) *(oikealla), kuluttavat paikoillaan ollessaan hyvin vähän energiaa. Tällaiset kalat saavat riittävästi happea hitaankin hengitysrytmin avulla. Aktiiviset kalat tarvitsevat enemmän happea ja hengittävät siksi myös nopeammin. Ulapoilla vaeltavat* ***makrillit*** *(alla) saavat kuitenkin tarvitsemansa happimäärän uidessaan suu auki. Kalastajien pyydyksissä makrillit kuolevat hapenpuutteeseen jo ennen, kuin ne on nostettu kuiville, sillä ne pystyvät hengittämään vain vapaasti uidessaan.*

Sopeutumia

Useimmista biologisista säännöistä on poikkeuksia; niin myös ankeriaiden hengitysjärjestelmä muodostaa poikkeuksen. Niiden kidushengitys näyttää taantuneen. Useimmat ankeriaat elävät pohjalla kaivautuen pohjakerroksiin tai piiloutuen korallien ja kallioiden onkaloihin. Ankeriaiden kiduskannen luut ovat merkittävästi pienentyneet vähentäen siten paljevaikutusta ja pienentäen kidusonteloita. Toisaalta suuontelo on suhteellisen suuri, koska suu ja kidukset ovat kaukana toisistaan. Kun ankerias hengittää, sen voi nähdä nielaisevan vettä painaakseen sen kiduksiin. Pieni pää ja muuntuneet kidukset ovat kuitenkin sopeutuma ankeriaiden elämäntapoihin. Kun ne kaivautuvat pohjaan tai sukeltavat kapeisiin onkaloihin, suuret kiduskannet olisivat vain tiellä ja saattaisivat vahingoittua onkaloissa.

Kalojen — kuten muidenkin selkärankaisten — hengitysliikkeiden tiheys on suhteessa ruumiin kokoon. Pumppujen syke on pienillä lajeilla nopeampi kuin isoilla. Levätessään kolmipiikki ja mutu hengittävät 150 kertaa minuutissa, mutta piikkihai tekee samassa ajassa vain noin 50 hengitysliikettä. Myös elintavat ja ympäristö on otettava huomioon. Aktiiviset lajit hengittävät levätessäänkin nopeammin kuin pohjakalat. 30-senttinen silli hengittää 120 kertaa ja hieman isompi kirjolohi 90 kertaa minuutissa. Pienille pohjalla makaileville simpuille ja merikokeille riittää vain 12—40 hengitysliikettä minuutissa.

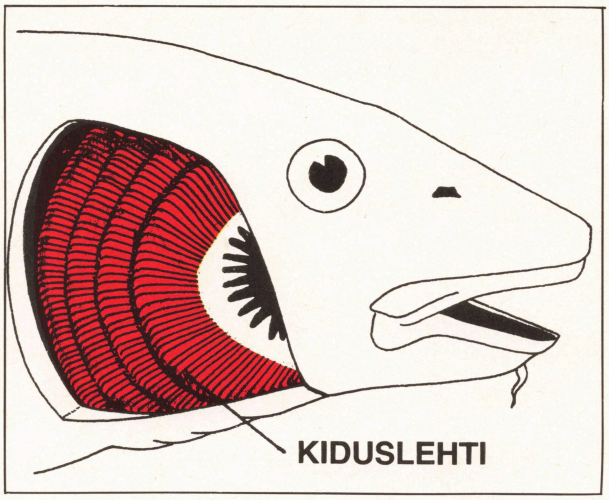
Ankeriaiden kidushengitys on taantunut. Kidukset ovat pienet, mutta suuontelo suhteellisen suuri. Tällainen muuntuminen on ankeriaiden elintapojen synnyttämä sopeutuma. Useimmat lajit piilottelevat ahtaissa onkaloissa, joissa suuret kidukset olisivat tiellä. ***Merianke-rias*** (Conger conger) *(alla) elää Länsi-Euroopan ja Välimeren rannikoilla.*



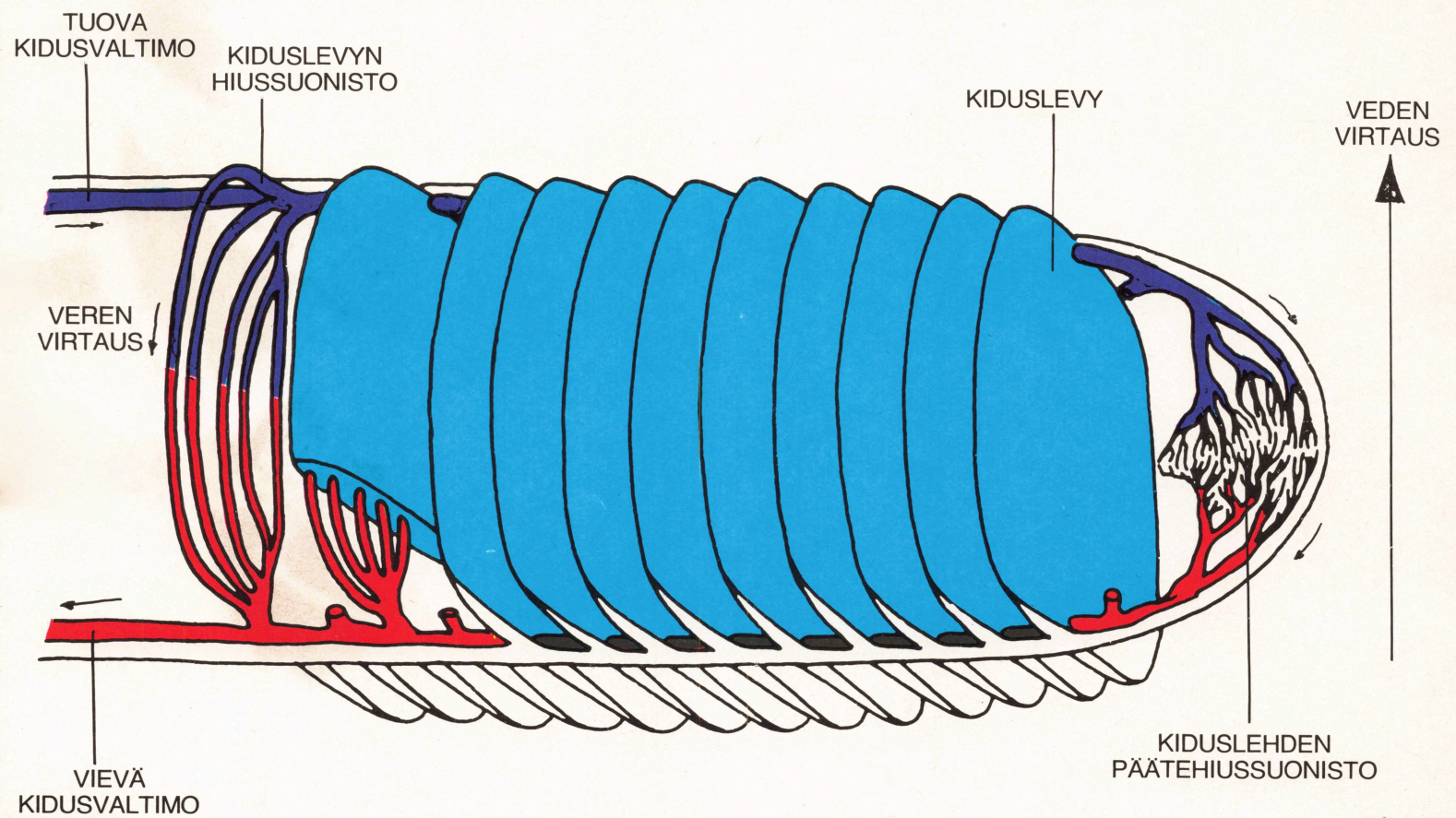
Kidusten toiminta

Olipa kyseessä mikä kala tahansa, hengitysliikkeiden nopeus vaikuttaa kidusten saaman vesivirtauksen määrään. Lisäksi hengityksen syvyys vaikuttaa huomattavasti kidusten hapensaantiin. Kirjolohilla tehdyissä kokeissa on voitu todeta, että veden happipitoisuutta vähennettäessä hengitysveden virtaus on lisääntynyt nelinkertaiseksi, mikä on suurelta osin johtunut syventyneestä hengityksestä.

Kalan kidusten läpi kulkenut vesi sisältää vain noin viidesosan siitä happimäärästä, joka siinä on alunperin ollut. Koska kala pystyy ottamaan näin suuren osan veteen liuenneesta vähäisestä happimäärästä, on selvää, että kidukset ovat sopeutuneet tehtäväänsä erinomaisesti. Nähdäksemme tämän kidusten tehon salaisuuden meidän on tutustuttava hieman tarkemmin suonikkaiden ja liuskaisten kiduslehtien muotoon ja toimintaan.



Jokaisen lehden suonikkaat happea keräävät osaset ovat muodostuneet ohuista, tiiviissä rivissä olevista pikku levyistä. Nämä hienon hienot levyt lisäävät suuresti kidusten pinta-alaa ja edistävät siten hapen imeytymistä. Jokaisessa levyssä on tiheä hiussuonisto, jossa veri on hyvin läheisessä kosketuksessa kidusten läpi virtaavaan veteen. Vain ohut yksinker-



LÄHIKUVA KIDUSLEHDESTÄ

tainen solukerros erottaa veren ympäröivästä vedestä. Siten hapen imeytymismatka vereen on mahdollisimman lyhyt.

Yksi tärkeä kidusten toiminnan piirre on veren virtaus kiduslehtiin ja kiduslevyjen läpi. Sydän pumppuaa veren kiduslehtiin pitkin kidusvaltimoita, jotka haarautuvat kiduslevyissä hiussuoniksi. Kuljettuaan hiussuonten läpi veri poistuu kiduslehden toisessa reunassa olevaa kidusvaltimoa myöten kaikkialle elimistöön. Erityisen merkittävää on, että veri kulkee levyjen läpi hengitysvesivirtaa vastaan. Tämä vastavirtaperiaate takaa mahdollisimman suuren happimäärän saannin veden kulkiessa kidusten läpi. Verivirta näet kohtaa viimeksi kaikkein happipitoisimman veden, ja koska veri kiduslevyjen läpi kulkiessaan on jo luovuttanut hiilidioksidin, sen kyky sitoa happea on mahdollisimman suuri. Tämän ovat todistaneet myös lukuisat kokeet. Kun vesi on pantu virtaamaan kiduksissa väärään suuntaan, kidusten hapensitomiskyky on jäänyt vain viidesosaan normaalista.

Kun kala joutuu hapenpuutteeseen, sen hengitys syvenee ja nopeutuu. Hengitysrytmiä säätelee aivojen takaosan hermokeskukset. Nämä keskukset ovat herkät hapenpuutteelle tai hiilidioksidin ylimäärälle, ja ne lähettävät viestin kiduspumppujen lihaksiin. Eräissä ympäristöissä, kuten trooppisissa soissa tai valtameren syvyyksissä, happipitoisuus on niin pieni, että se voidaan todeta vain tarkoin kemiallisin analyysein. Monien vähähappisissa valtameren kerroksissa elävien kalojen hapenottokyky on ällistyttävä. Suurimmassa osassa Intian valtamerta ja itäistä Isoa valtamerta on 100—1000 metrin syvyydessä vesilitrassa happea vain noin millilitran neljäsosa. Niinpä voimme vain ihmetellä, kuinka lukemattomat kalat saavat tarpeeksi happea hengitykseensä.

Lättäkalat *elävät usein suurina parvina syvänmeren vähähappisissa kerroksissa. Niillä on vatsassa ja kyljissä valoelimiä, jotka ilmeisesti houkuttelevat paikalle saalista. Lättäkalojen itsevalaisevat teleskooppisilmät ovat hyvät apuvälineet kalojen saalistaessa pimeissä vesikerroksissa.*

Ilmaa hengittävät kalat

Vähähappisessa rämevedessä veden ja ilman raja on helposti saavutettavissa. Kun tiedämme elävien organismien suunnattoman mukautumiskyvyn, voimme olettaa makean veden kalojen kehittäneen ilmanhengityselimiä. Ryhdymme nyt tarkastelemaan tätä hengitystapaa. On pidettävä mielessä, että myös ainakin yksi merikala, nimittäin tarponi, pystyy hengittämään ilmaa.

Ilmaa hengittävistä kaloista kehittyivät aikoinaan sammakkoeläimet, jotka saattoivat viettää osan elämästään kuivalla maalla. Näiden ensimmäisten sammakoiden esi-isät olivat varmasti varsieväisiä kaloja, jotka asustivat ajoittain kuivuvissa lammissa.

Niin kuin muinaiset varsieväiset myös eräät nykyiset ilmaa hengittävät kalat käyttävät eviään ja ruumistaan liikkuakseen maalla ja saattavat löytää uuden elinympäristön asuinlammikon kuivuttua. »Kävelevät» kalat, kiipijäkala (*Anabas*), käärmeenpääkalat (*Channa*), kutsa (*Amphipnous cuchia*) sekä eräät monnit, kuten keuhkomonni (*Heteropneustes fossilis*) ja *Clarias magur*, kaivautuvat mutaan tai jokitörmään kuivan kauden alkaessa ja ovat horroksessa sadeaikaan asti. Samantapaisesti käyttäytyvät keuhkokalat, gurami (*Osphronemus*) ja amia. Keuhkokalojen käytävät ovat siististi rakennettuja, ja niissä on sisäänkäynnin suulla pieni aukko tai aukkoja, joiden kautta kalat voivat hengittää.

Useimmat ilmaa hengittävistä kaloista elävät matalissa, liikkumattomissa vesissä Amerikan, Afrikan ja Aasian trooppisissa osissa. Soistuvissa vesistöissä veden pinta on kasvillisuuden peitossa. Veden väri on ruskehtavaa, ja jopa pinnan tuntumassakin se sisältää hyvin vähän happea; hiilidioksidipitoisuus sitä vastoin voi olla hyvin korkea.

Kuitenkaan kaikilla trooppisissa liikkumatto-

Amian (Amia calva) *uimarakko toimii vähähappisessa vedessä* ***apuhengityselimenä.*** *Talven amia viettää osittaisessa horrostilassa ja tulee silloin toimeen lähes hapettomissa olosuhteissa. Luukiillesuomuisiin* (Holostei) *kuuluvat amian sukulaiset luuhauet käyttävät myös uimarakkoaan hengityksen.*

Panssarimonneihin kuuluvat ***kuparimonnit*** (Corydoras aeneus) *käyttävät* ***suolen pintaa*** *ilman hengittämiseen. Nämä kalat voivat myös liikkua lyhyitä matkoja maalla piikkisten rintaeviensä avulla ryömien.*

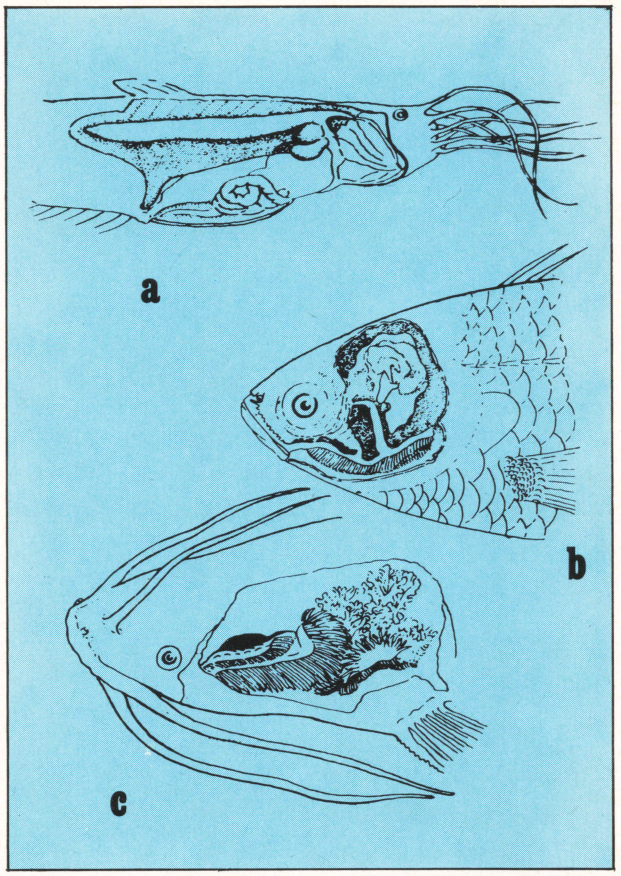
missa vesissä asustavilla kaloilla ei ole ilmahengityselimiä. Ne liikkuvat aivan veden pintakalvossa ja ilmeisesti saavat siitä tarvitsemansa hapen. Esimerkiksi hammaskarpit, joiden leveä ja ylöspäin suuntautunut suu on mukautunut pyydystämään ravintoa pinnalta, tyydyttävät tällä tavoin hapentarpeensa. Myös karppikalat ja monnit voivat hengittää aivan veden pintakalvossa. Kuitenkin ilmaa hengittävät kalat ovat parhaiten varautuneet muille kaloille kohtalokkaaseen onnettomuuteen, lampien kuivumiseen.

Kun ilmaa hengittävä kala tarvitsee happea, se nousee pintaan ja nielaisee ilmaa hengityselimeensä. Yksinkertaisin hengityselin on muuntunut suolen osa, joka tulee ohutseinäiseksi, suonikkaaksi ja samalla menettää ruoansulatustehtävänsä. Eräillä aasialaisilla kivennuoliaisilla suurin osa suolesta on muuntunut »keuhkoksi». Kun veden happipitoisuus on kesällä pieni, nämä kivennuoliaiset hengittävät ilmaa, mutta talvisissa paremmissa vesiolosuhteissa ne siirtyvät kidushengitykseen. Kalan hengittäessä kiduksilla suolen seinämän hengityspinta surkastuu, ja suoli alkaa toimia ruoansulatuspaikkana. Suoli on siten vain kausittain keuhko.

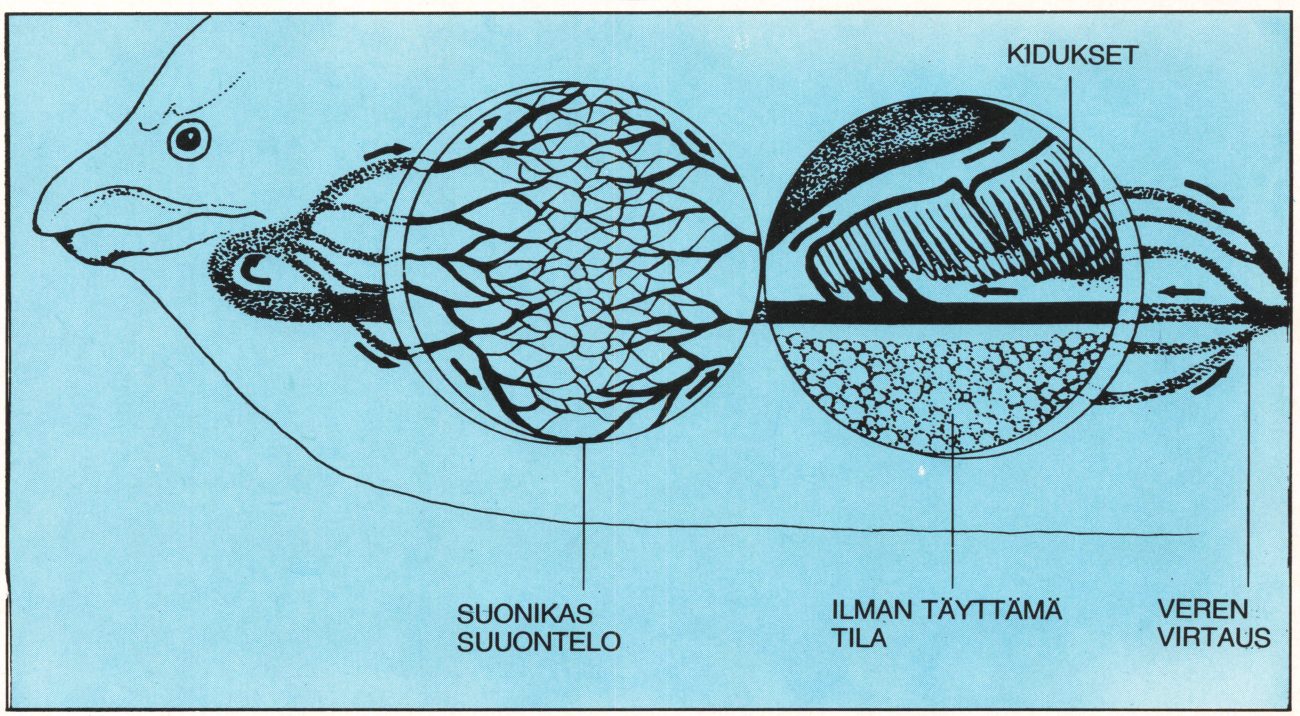
Ilmanhengityselimiä

Suolikeuhko on myös tietyillä eteläamerikkalaisilla monneilla (*Callichthys, Hoplosternum* ja *Doras*) sekä täysin erilaisella kalalla, yhdyskiduksisten lahkoon kuuluvalla suoankeriaalla (*Monopterus javanicus*), joka elää Indonesian, Kiinan ja Japanin suoalueilla. Eteläamerikkalaisilla ilmaa hengittävillä haarniskaimumonneilla, *Ancistruksella* ja *Hypostomuksella,* on suolen sijasta vatsa muuttunut »keuhkoksi».

Aivan toisenlainen hengityselin on kehittynyt



Kalojen ilmanhengityselimiä *(oikealla):* ***a)*** *Keuhkomonnin taaksepäin suuntautunut kidusontelon keuhkomainen pullistuma.* ***b)*** *kiipijäkalan* (Anabas testudineus) *labyrinttielin kidusten yläpuolella.* ***c)*** *Ankeriasmonnin* (Clarias) *pensasmainen hengityselin.*
Yhdyskiduskaloihin *kuuluvat kutsat ja suoankeriaat käyttävät ilmakehän happea hengitykseensä. Eräiltä lajeilta kidukset ovat surkastuneet, ja ne käyttävät kidusontelon pussimaisia laajentumia tai suolen pintaa hengityskaasujen vaihtoon. Happea kalat saavat nielaisemalla ilmaa suuonteloonsa tai suoleensa, mutta suurin osa hiilidioksidista poistuu ihon kautta.* ***Suoankeriaalla,*** Synbranchus, *(alla) on kuitenkin hyvin kehittyneet kidukset. Kala nielaisee ilmaa kidusonteloihinsa, ja happi imeytyy suoraan kidusverenkiertoon sekä suuontelon seinämien hiussuoniverkostoon.*



eräille muille monneille. *Clarias*-suvun monneilla kidusontelot ovat laajentuneet ylöspäin kiduskammioiksi. Niissä on kaksi haarautuvaa rakennelmaa, jotka muodostuvat toisen ja neljännen kiduskaaren yläosista. Sekä ilmakammioissa että pensasmaisissa kiduslisäkkeissä on runsas verisuonisto, joten ne kokonaisuutena muodostavat tehokkaan keuhkon.

Vielä erikoisempi mukautuma on intialaisella keuhkomonnilla. Varhaisessa kehitysvaiheessa kummankin kidusontelon yläosa laajenee lihasten väliin pitkäksi ilmapussiksi, joka aikuisella saattaa ulottua ruumiin puoliväliin. Ilmapussien seinämät ovat poimuttuneet ja yhtyvät paikoitellen ilmarakkuloiksi kuten oikeissa keuhkoissa.

Keuhkomonnin tapaan aasialaisella kutsalla on parilliset ilmapussit, mutta ne ovat kehittyneet nielun katosta juuri kidusten etupuolelle. Siten kutsa on sopeutunut ilman hengittämiseen aivan eri tavoin kuin lähisukuinen suoankerias. Nieluilmapussit ovat kehittyneet myös aasialaisille ja afrikkalaisille käärmeenpääkaloille. Karppikaloihin kuuluvalla sähköankeriaalla on pussien sijasta ulkonevia nystyjä suussa, kidusonteloissa ja kiduskaarien sisäpinnalla.

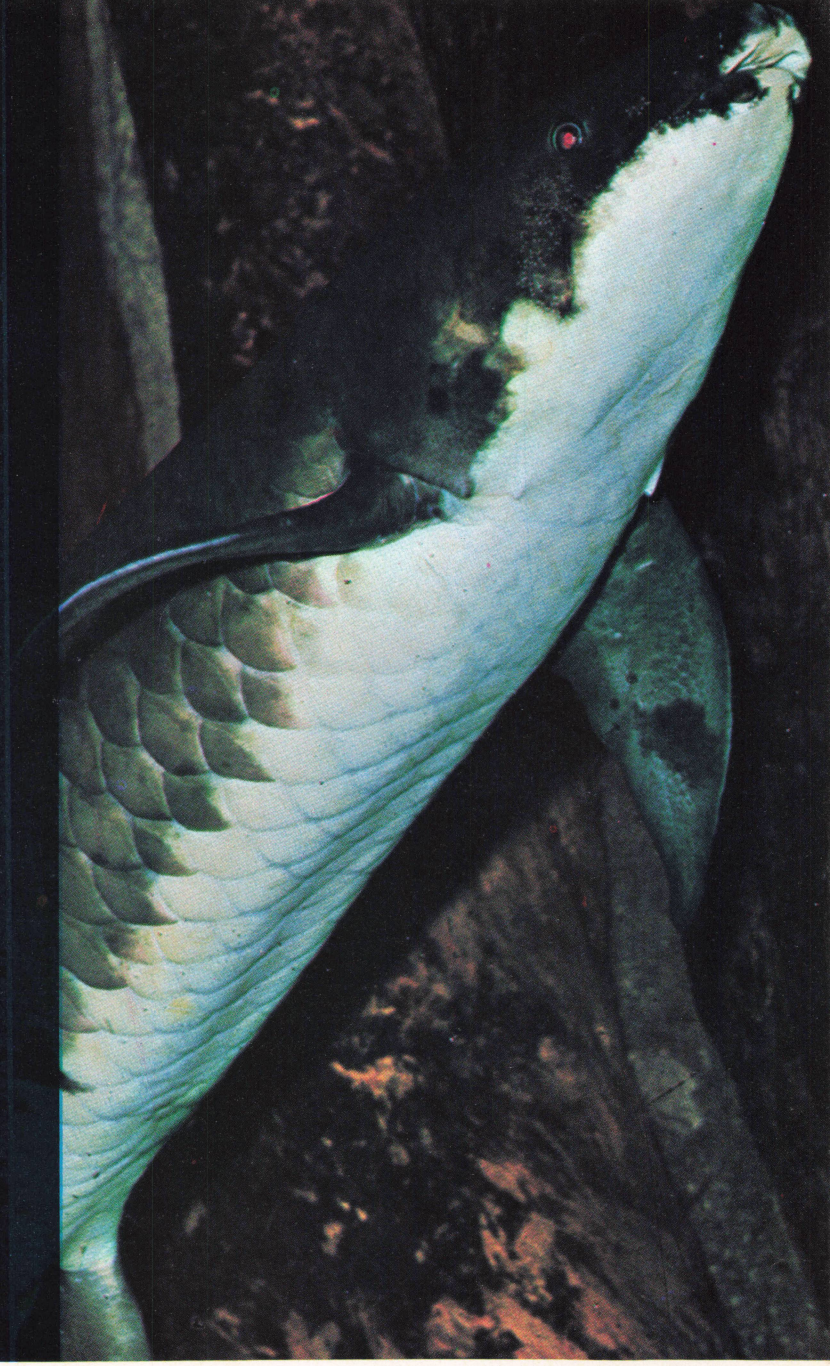
Sähköankerias (Electrophorus electricus) *ei nimestään huolimatta ole ankerias, vaan kuuluu runsaslajiseen karppikalojen lahkoon. Se elää Etelä-Amerikan lämpimissä ja liejuisissa joissa. Ruokansa se etsii erinomaisen haju- ja tuntoaistinsa avulla, sillä sameissa vesissä näöstä ei ole juuri hyötyä. Se käyttää voimakkaita sähköelimiään myös saaliin paikantamiseen ja tainnuttamiseen. Tämän kalan pienillä kiduksilla on vähäinen merkitys hengityseliminä, ja sähköankerias hengittääkin suurimmaksi osaksi* ***suuontelon limakalvonystyjen*** *avulla.*

Labyrinttikala

Ilmaa hengittävistä kaloista puhuttaessa ei voi unohtaa myöskään afrikkalaisia ja aasialaisia labyrinttikaloja (*Anabantoidei*). Aiemmin mainittujen monnien tavoin niidenkin kidusontelon yläosat ovat laajentuneet. Nämä elimet eivät kuitenkaan ole pensasmaisia muodostumia. Niiden pinta-ala on huomattavan suuri, ja suonikkaina ne toimivat erinomaisina kaasujenvaihtopintoina.

Ennen kuin labyrinttikala nielaisee raikasta ilmaa, se poistaa käytetyn ilman kidusonteloiden kautta. Raikas ilma johdetaan labyrinttielimiin ensimmäisissä kidusraoissa olevien aukkojen kautta. Nämä aukot voidaan sitten sulkea. Monille labyrinttikaloille ilmanhengitys on niin tärkeä, että ne todella hukkuvat, elleivät pääse välillä pinnalle ilmaa haukkaamaan.

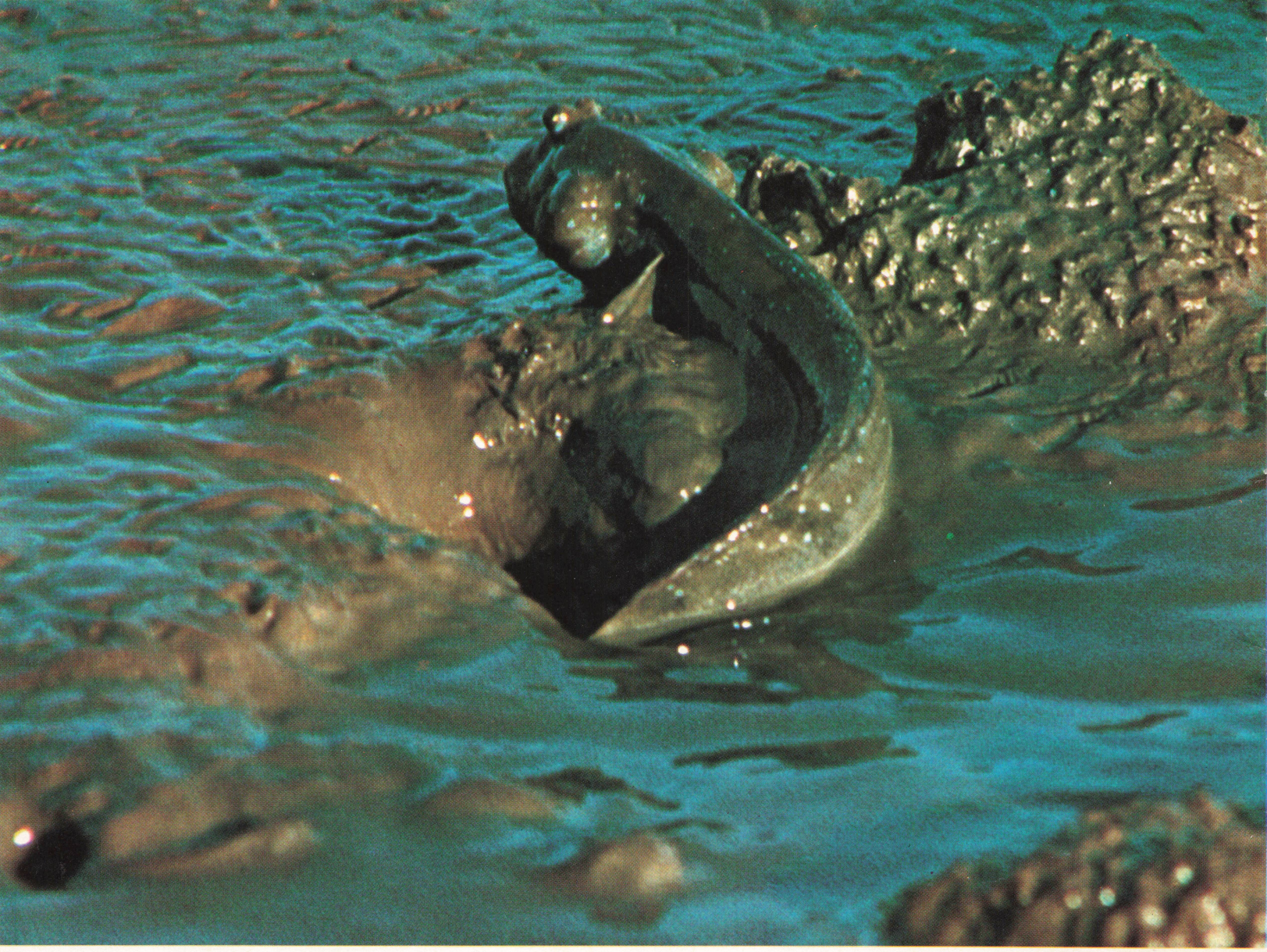
Juovarihmakala (Colisa fasciata) *kuuluu aasialaisiin labyrinttikaloihin.*



Keuhkokaloja

Keuhkokalojen *Dipneusti* -alaluokan historia alkoi lähes 400 miljoonaa vuotta sitten devonikaudella, jolloin monet kalat kuolivat sukupuuttoon pitkinä kuivina kausina. Keuhkokalat pystyivät ilmahengityksen lisäksi ryömimään raajamaisten eviensä avulla vesistöstä toiseen välttäen siten kuivumisen. Keuhkokalat elävät nykyäänkin vesistöissä, jotka ovat osan vuodesta kuivina. Kuivan kauden ajaksi ne kaivautuvat lammikon tai jokitörmän mutaan ja erittävät ympärilleen limaisen kotelon, jossa on pieni aukko hengitysilmaa varten.

Suurisuomuinen australiankeuhkokala, Neoceratodus forsteri, *(yllä oikealla) elää Australian kuivien seutujen vähähappisissa vesistöissä.* ***Amerikankeuhkolala*** (Lepidosiren paradoxa) *kaivautuu kuivan kauden ajaksi pohjamutaan. Keuhkokaloilla on* ***parilliset keuhkot;*** *poikkeuksena on kuitenkin australiankeuhkolala, jolta keuhkojen vasen puoli on surkastunut. Aikuisten keuhkokalojen kidukset ovat surkastuneet, eikä niillä ole suurta merkitystä hengityksessä. Poikasilla sen sijaan on toimivat tupsukidukset.*



Kala maalla

Liejuryömijä (Periophthalmus cantonensis) *on sopeutunut elämään sekä meressä että maalla. Laskuveden aikaan se jää kuivalle maalle saalistamaan. Liejuryömijä liikkuu nopeasti raajamaisten rintaeviensä avulla ja hyppääkin pitkiä matkoja. Se pystyy oleilemaan maalla useita tunteja, jos ilma on tarpeeksi kosteaa.*

Kaloille on siis kehittynyt varsin erilaisia keinoja epäsuotuisten ympäristötekijöiden voittamiseksi. Niillä kaloilla, joilla uimarakon yhteys suoleen on säilynyt, uimarakko on hydrostaattisen tehtävän ohella saanut myös hengityselimen tehtävän. Umpirakkoisten ja uimarakottomien kalojen sen sijaan on täytynyt kehittää muunlaisia menetelmiä ilman hyväksikäyttämiseksi. Suoli saattaa toimia ilmanhengityselimenä, tai sitten suuontelon yhteyteen on kasvanut runsaasti verisuonia sisältäviä pusseja ja poimuisia lisäkkeitä ilman hapen hyödyntämiseen. Ehkäpä nämä keinot saattavat tuntua melko puutteellisilta, mutta toisaalta kaloja voidaan pitää muita selkärankaisia paremmin sopeutuneina maapallomme erilaisiin elinympäristöihin; nehän ovat vallanneet kaikki meret ja mannerten vedet ja saattavat tulla toimeen maalla huomattavasti pitempään kuin esimerkiksi ihminen veden alla. Kalojen sopeutuminen ilmanhengitykseen onkin vain yksi osoitus tämän laajan selkärankaisryhmän menestyksekkäästä kehitysvalinnasta.

Kalat elävät aivan erilaisessa ympäristössä kuin maaeläimet ja ihmiset. Kalojen aistimet ovat kehittyneet tämän ympäristön mukaan, ja ne vastaanottavat ärsykkeitä, joita me emme pysty aisteillamme toteamaan. Meidän on siksi ehkä vaikea ymmärtää sitä kuvaa, jonka kalat saavat omasta elinympäristöstään.

Kirkkaalla ilmalla voimme nähdä kilometrien päähän, mutta kalalle vesi on kirkasta, jos se näkee parinkymmenen metrin päässä olevan kohteen. Sameassa vedessä näköetäisyys voi jäädä muutamaan senttiin. Silti monet syvänmeren kalat näkevät paljon paremmin kuin ihminen hämärässä. Eräillä lajeilla lienee myös yhtä hyvä binokulaarinen näkö kuin ihmisellä. Lisäksi luukalojen valtaosa sekä liskot, kilpikonnat ja linnut ilmeisesti ovat ihmisen ja muiden kädellisten ohella ainoita selkärankaisia, jotka näkevät värejä.

Vesi on siis ilmaa paljon läpinäkymättömämpi väliaine, mutta se on paljon parempi äänten kuljettaja. Alamme vähitellen ymmärtää, että kalat elävät äänten maailmassa. Osan äänistä kalat itse muodostavat uintiliikkeillään. Eräät äyriäiset, kalat ja valaat pystyvät myös ääntelemään. Ihmisen tavoin kalat eivät kuule yliääniä, toisin sanoen värähtelyjä, joiden taajuus on yli 20 000 värähdystä sekunnissa. Kalat kuulevat korkeita ääniä huonommin kuin ihminen, mutta niiden kuulo ei silti ole merkittävästi heikompi kuin maaeläinten.

Hajuaistimet ovat eri kalalajeilla kehittyneet eri tavoin. Meidän on mahdollista ymmärtää hauen tai lentokalan aistimaailmaa, joka perustuu enemmän näköön kuin hajuun. Suurempaa mielikuvitusta tarvitsemme ymmärtääksemme hain tai ankeriaan aistimaailmaa, sillä ne elävät suurelta osin hajuaistinsa turvin. Silti maaeläimet voivat käyttää hajuaistiaan tehokkaammin kuin kalat, koska hajut leviävät ilmassa paljon nopeammin kuin vedessä. Kalojen makuaisti on kuitenkin erittäin hyvä. Makunystyjä ei ole ainoastaan suussa, vaan myös huulissa, viiksissä, evissä, jopa ruumiin pinnalla.

Alemmilla selkärankaisilla ei ole ihossa niin paljon erilaisia hermopäätteitä kuin ihmisellä, jolla on tunto-, paine-, kylmä-, kuuma- ja kipureseptoreita. Kuitenkin kalojen tuntoaisti näyttää olevan erittäin hyvin kehittynyt. Ne tuntevat herkästi vähäisetkin lämpötilan, suolaisuuden ja paineen vaihtelut. Kaloilla ja eräillä sammakkoeläimillä on lisäksi ihossa kylkiviivaelin, joka aistii häiriöt ympäröivässä vedessä ja veden virtauksen muutokset uivan eläimen lähellä. Tämä »kaukotuntoaisti» on alkeellisten vesiselkärankaisten erikoisominaisuus. Kun selkärankaiset valloittivat maankamaran, niiltä hävisi tämä aistinelin. Mitään vastaavaa aistinta ei ole löydetty vesielämään sopeutuneista matelijoista tai nisäkkäistä, ei edes valaista ja delfiineistä, jotka suunnistavat pääasiassa kuulonsa avulla.

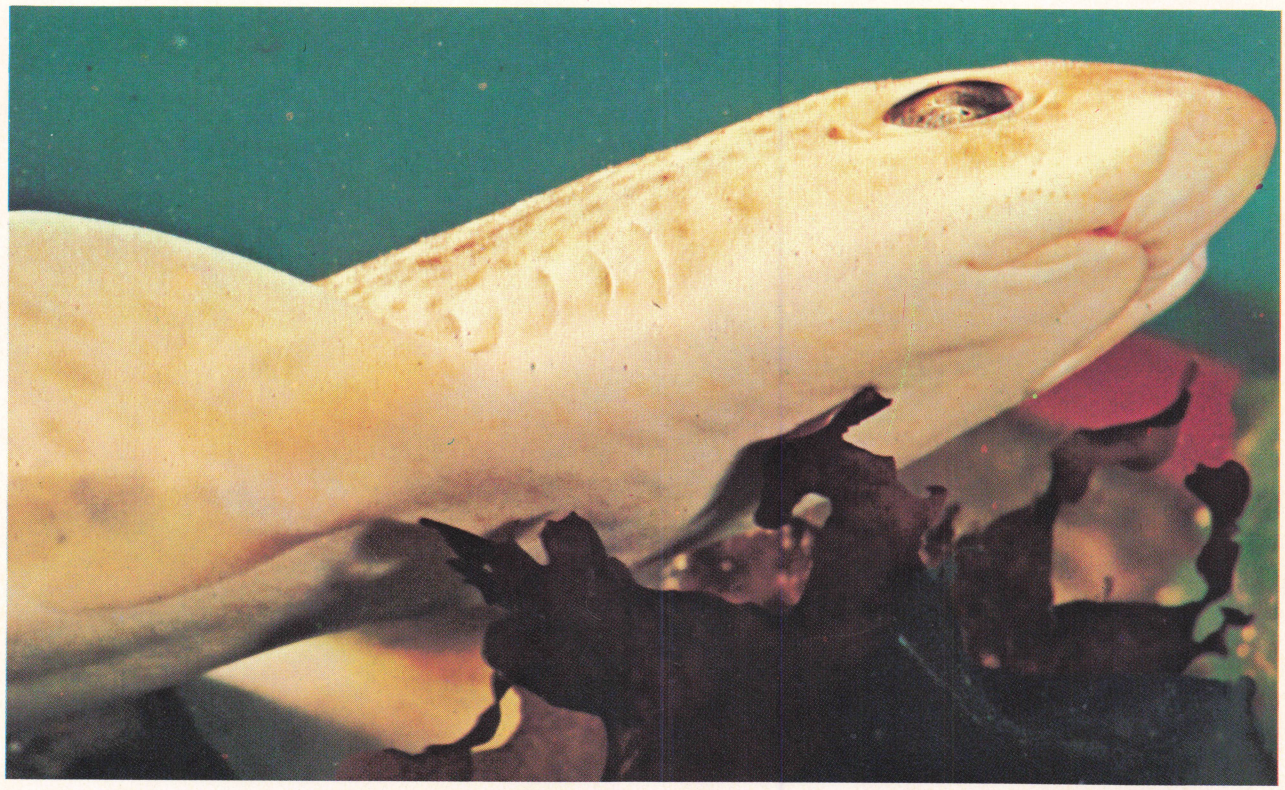
Meidän tietomme ympäröivästä maailmasta riippuvat täysin niiden hermosysäysten määrästä, jotka tulevat aivoihin kehon pinnalla sijaitsevista erilaisista tuntohermopäätteistä. Nämä hermopäätteet ovat herkkiä erilaisille ärsykkeille — mekaanisille, kemiallisille, optisille jne. — ja juuri nämä ärsykkeet aiheuttavat hermosysäykset, jotka lopulta aivoissa johtavat tietoiseen tajuamiseen.

Edellä mainittu lause voidaan soveltaa myös kaloihin, kunhan jätämme pois sanan »tietoi-

Luukalojen valtaosa sekä liskot, kilpikonnat ja linnut ovat ihmisen ja muiden kädellisten ohella ainoita selkärankaisia, jotka näkevät värejä.

nen». Kalojen aistimet vastaanottavat kuitenkin vain tarpeeksi voimakkaita haju- ja tuntoärsykkeitä tai vain tietyllä aallonpituudella olevia valo- ja ääniärsykkeitä. Aistimet tiedottavat ja kala *saattaa* toimia. Tämä »saattaa» on tärkeä, sillä kala ei välttämättä reagoi kaikkiin tajuamiinsa ulkoisiin muutoksiin. Se toimii, jos on tarpeen. Kala ei siis ole passiivinen ulkoisten ärsykkeiden vastaanottaja. Se tarkkailee elinympäristöään jatkuvasti ja pystyy myös oppimaan.

Koralliriutoilla yleisillä **mureenoilla** (alla ja alla vasemmalla) ja ulappojen vaeltajalla **hailla** (alinna) on tarkka hajuaisti. Ne saalistavatkin lähinnä tämän aistin avulla.



jatkoa sivulta 2

vostoliitto joutuikin rauhoittamaan Mustanmeren delfiinit.

Tonnikalaverkkoihin joutuu vuosittain myös noin 10 000 pyöriäistä, jotka kuuluvat harvinaiseen Tyynenmeren pohjoisosassa elävään lajiin. Koko kannan suuruudeksi on arvioitu 30 000—40 000 yksilöä.

Lokakuussa 1972 Yhdysvalloissa annettiin laki, joka pyrkii suojelemaan merinisäkkäitä entistä paremmin. Siinä määrättiin tonnikalanpyytäjät kahden vuoden kuluessa olennaisesti vähentämään verkkoihin hukkuvien delfiinien määrää. Tässä ei kuitenkaan onnistuttu kovin hyvin, sillä olisi vaadittu suuria rahallisia sijoituksia ja kalastusmenetelmien muutoksia, jotta tilanne olisi parantunut. Tonnikalanpyytäjät ovat myös väittäneet, että laki tuhoaa heidän mahdollisuutensa harjoittaa elinkeinoaan, koska on useinkin kannattavampaa jäädä rannalle kuin varustaa pyyntilaivasto asianmukaisesti.

Kahdenkymmenen viime vuoden aikana on kuitenkin noin kuusi miljoonaa delfiiniä ja pyöriäistä saanut surmansa tonnikalaverkoissa. Maailman luonnonsuojelijat eivät todellakaan ole syyttä huolestuneet tilanteesta.

Väistämätöntä delfiinien joutuminen verkkoihin ei ole. Yleensä kalastusalusten miehistö havaitessaan verkolla ympäröidyssä tonnikalaparvessa uivan delfiinin laskee verkkoa niin, että eläin pääsee pois. Eri delfiinilajit kuitenkin käyttäytyvät verkossa eri tavoin — toiset odottavat rauhallisesti mahdollisuutta hypätä pois verkosta, toiset ryntäävät paniikin vallassa pakoon ja saattavat sotkeutua auttamattomasti verkkoon. Jos kalastajat ottaisivat helposti toisistaan erotettavien lajien tavat huomioon ja antaisivat delfiineille tilaisuuden paeta, voitaisiin vähällä vaivalla välttää delfiinien hukkuminen. Myös laivat, jotka hukuttavat epätavallisen suuren määrän delfiinejä, pitäisi julistaa pyyntikieltoon.

RIITTA JOKIRANTA

Delfiiniparin taidonnäyte Kalifornian rannikolla.

4226547

Tämä otus on konnakalojen lahkoon *(Batrachoidiformes)* kuuluva *Austrobatrachus foedus*. Muiden konnakalojen tavoin sen pää on litteä ja erittäin levä; pelottavan leveä on myös sen paksuhuulinen suu. Niinpä tämä keskikokoinen kala voi leukojensa terävillä hampailla pyydystää suurenkin saaliin.